

MARIE KOCH

OBERSCHENKELSCHAFTFRAKTUREN IM KINDESALTER

1973



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Chirurgischen Universitäts-Klinik
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
(Direktor: Prof.Dr.Kümmerle)

OBERSCHENKELSCHAFTFRAKTUREN IM KINDESALTER

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

vorgelegt von
Marie Koch
aus Köln

Mainz 1972

Dekan: Professor Dr. K.H. Bäßler
Referent: Professor Dr. Hofmann
Korreferent: Professor Dr. Kümmerle
Tag der mündlichen Prüfung: 25.1.1973



Gesamtherstellung: Ditters Bürodienst
Mainz/Heidesheim
Ruf (06132) 5711

Gewidmet

meinen Eltern

INHALTSÜBERSICHT

	Seite
A. Einleitung	1
B. Anatomie und Ätiologie	2
C. Diagnose	3
D. Therapie	5
I. Reposition	5
II. Konservative Behandlungsverfahren	6
1. Gipsfixation	6
2. Heftpflasterextension	6
3. Drahtextension	7
4. Extension nach Weber	7
III. Operative Behandlungsverfahren	8
1. Marknagelung	8
2. Kompressionsosteosynthese mit AO-Druckplatten	9
3. Weitere operative Behandlungsverfahren	10
a. Osteosynthese mit van Hoff'schen Schrauben	10
b. Cerclage und Lane'sche Platte	10
E. Prognose	11
F. Eigene Untersuchungen	12
I. Krankengut	12
II. Arbeitsmethode und statistische Methodik	12
III. Untersuchungsergebnisse	14
1. Altersverteilung	14
2. Geschlechtsverteilung	15
3. Seitlokalisation der Frakturen	15
4. Unfallursachen	16
5. Aufnahmebefund	16
6. Therapie und Heilverlauf	17
a. Konservative Therapie	17
b. Osteosynthese	23
c. Nachbehandlung	25
7. Entlassungsbefund	26
8. Nachuntersuchungsergebnisse	27
a. Klinisch	27
b. Röntgenologisch	28

G. Diskussion	43
I. Vorkommen und Formen kindlicher Femurschaftfrakturen	43
II. Therapie	47
III. Heilungsergebnisse	63
IV. Schlußfolgerungen	76
H. Zusammenfassung	81
I. Anhang (Röntgenbilder)	84
J. Literaturverzeichnis	92
K. Lebenslauf	98

A. EINLEITUNG

Femurdiaphysenbrüche zählen zu den häufigen Knochenverletzungen bei Kindern (Grob; Matzner; Matti). Unterschiede zwischen kindlichem und adultem Skelett, in anatomischer und physiologischer Hinsicht, verleihen der Femurschaftfraktur im Wachstumsalter eigene Akzente. Entstehung und Form der Frakturen, Heilverlauf und endgültiges Heilungsergebnis weisen bei Kindern Besonderheiten auf. Die Behandlungsmethode muß diesen Faktoren Rechnung tragen. Der noch in der Entwicklung begriffene junge Organismus besitzt u.a. die Möglichkeit, verbliebene Fehlstellungen im Laufe des Wachstums zu korrigieren. Im Rahmen dieser Umbauvorgänge spielt das post-traumatisch gesteigerte Längenwachstum des Femurs eine besondere Rolle. Die Prognose der Oberschenkelchaftfraktur im Kindesalter gilt als günstig. Komplikationen, die Erwachsenen während der Konsolidationszeit drohen, z.B. Kreislaufschädigungen, Gelenkversteifungen, sind bei Kindern kaum zu befürchten (Küntscher). Eine besondere Frakturnachbehandlung entfällt. Der natürliche Bewegungsdrang des Kindes führt bald zur zwanglosen Wiederherstellung der völligen Beweglichkeit des verletzten Beines (Blount).

In der vorliegenden Arbeit sollen die Probleme der Oberschenkelchaftfraktur im Kindesalter anhand eines eigenen Krankengutes und unter Berücksichtigung der Erfahrungen anderer Autoren beleuchtet werden.

B. ANATOMIE UND ÄTIOLOGIE

Oberschenkelchaftfrakturen entstehen durch direkte oder indirekte Gewalteinwirkung. Das Femur bricht, wie jeder andere Knochen, bei Überschreitung seiner Elastizitätsgrenze, wobei Zug-, Druck-, Biegungs-, Torsions- und Abscherkräfte im einzelnen oder kombiniert für die Kontinuitätstrennung der Knochensubstanz verantwortlich sind (Matzner; Maatz). Chemisch-physikalisch ist der kindliche Knochen charakterisiert durch einen geringeren Gehalt an Mineralsalzen. Dies bedingt seine größere Elastizität und Biegsamkeit gegenüber dem des Erwachsenen. Anatomisch gesehen macht der grazile und weniger kompakte Aufbau verständlich, daß oft nur ein geringer Kraftaufwand genügt, um einen Bruch des kindlichen Knochens herbeizuführen (Grob).

Entsprechend der Richtung der einwirkenden Gewalt, kommt es zu Quer-, Schräg-, Torsions- oder Kompressionsfrakturen. Stück- und Splitterbrüche sind bei Kindern aufgrund der geringeren Sprödigkeit und größeren Elastizität des Knochens selten (Matzner). Die Dislokationsformen (Seitverschiebung, Achsenknick, Verkürzung und Torsion der Fragmente) werden bestimmt von Beschaffenheit und Richtung der Gewalteinwirkung, ferner von der Zugkraft der an den Bruchenden ansetzenden Muskeln. Aufgrund der kräftigen Oberschenkelmuskulatur kann sich gerade hier dieser Muskelzug sehr stark bemerkbar machen (Matzner; Liszauer und Gara). Der dicke Periostschlauch des jungen Knochens - gegen Zerreißung weitgehend resistent - verhindert jedoch mitunter die Dislokation der Fragmente (Grob; Ehalt).

Besondere anatomische Verhältnisse, vornehmlich im proximalen und distalen Schaftdrittel, weniger im medialen, führen häufig zu typischen Dislokationsbildern. Darüberhinaus stellt jeder Schaftbereich u.U. eigene Ansprüche an die Therapie. Gefahren und Komplikationen differieren ihrerseits von Drittel zu Drittel (Ehalt).

Bei Frakturen im proximalen Schaftbereich wird häufig (vgl. Abb. 1) das proximale Bruchstück durch die Wirkung der lateral ansetzenden Gesäßmuskeln, vor allem der Mm. glutei, abduziert, durch den M. iliopsoas außenrotiert und ventral disloziert. Das distale Bruchstück wird durch die Adduktoren adduziert und cranialwärts disloziert. Es resultiert die für den oberen Femurabschnitt typische Dislokationsform: Varusknick - Außenrotation - Antekurvatur (Böhler; Grob;

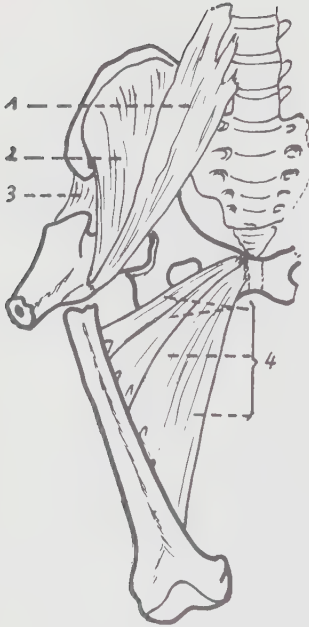
Ehalt; Matti; Matzner; Liszauer und Gara). Die subtrochanteren Frakturen sind konservativ mitunter sehr schwer reponier- und fixierbar. Ein sehr kurzes proximales Fragment läßt sich oft kaum dirigieren. Nach erfolgreicher Reposition können die Fragmente leicht wieder abrutschen (Ehalt; Lentz).

Die Anatomie des mittleren Schaftbereiches ist ohne Besonderheiten: Ein etwa gleichmäßig ausgeprägter Muskelmantel umhüllt hier das Femur. Der starke Muskelzug bewirkt zwar oft eine erhebliche Verkürzung der Fragmente, eine typische Achsenfehlstellung kann jedoch nicht festgestellt werden (Ehalt; Lentz).

Nach Frakturen im distalen Schaftdrittel kann das distale Fragment (vgl. Abb. 2), infolge des starken Gastrocnemiuszuges, nach dorsal im Sinne einer Kniebeugung disloziert werden. Es entsteht die für diesen Schaftbereich typische Rekurvation mit nach ventral offenem Winkel (Böhler; Matzner; Matti; Lentz; Grob). Mögliche Komplikationen dieser Fehlstellung sind Läsionen der Femoralgefäße und -nerven durch Anspießung oder Quetschung (Lentz). Bei sehr kurzem distalen Bruchstück mit stärkerer Neigung zur Abknickung nach dorsal, gestalten sich Reposition und dauerhafte Fixation manchmal schwierig (Matzner; Ehalt).

C. DIAGNOSE

Die Diagnose der Oberschenkelchaftfraktur bereitet auch im Kindesalter i.a. keine Schwierigkeiten. Das verletzte Bein liegt meist in Schonstellung, d.h. nach außen oder innen rotiert, in Knie und Hüfte gebeugt, auf der Unterlage (Matzner; Lentz). Die bekannten sogenannten klassischen Zeichen des Knochenbruchs - Deformation, abnorme Beweglichkeit und Crepitation (= sichere Frakturzeichen, nach Böhler), ferner Schmerz, Schwellung und Functio laesa (= unsichere Frakturzeichen, nach Böhler) - weisen bei der klinischen Untersuchung (Inspektion, Palpation) auf eine Femurfraktur hin. Das Röntgenogramm sichert die Diagnose, läßt ferner Frakturtyp und Dislokation erkennen.

Abb. 1

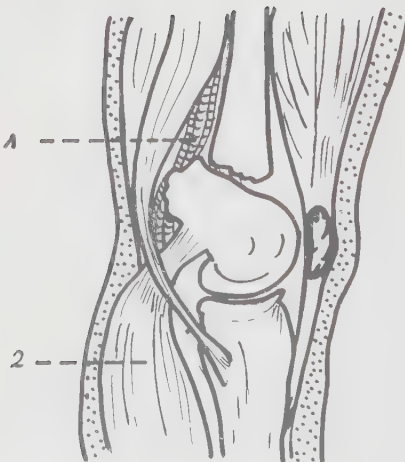
Typische Dislokation des subtrochanteren Oberschenkelchaftbruchs durch entsprechende Muskelzüge.

1 = M.psoas major

2 = M.iliacus

3 = Mm.glutei

4 = Mm.adductores

Abb. 2

Distaler Femurschaftbruch mit typischer Dislokation (Rekursion) durch den M.gastrocnemius (= 2) und Kompression der dorsal laufenden Femoralgefäße und -nerven (= 1).

D. THERAPIE

Zur Therapie der Femurschaftfrakturen im Kindesalter werden konservative und operative Behandlungsverfahren herangezogen.

I. Reposition

Ziel und Aufgabe jeder Behandlungsmethode ist die knöcherne Heilung der Frakturstelle. Als allgemeiner Behandlungsgrundsatz gilt die absolute und ununterbrochene Ruhigstellung des Frakturgebietes während dieses ganzen Heilungsprozesses (Böhler). Dislozierte Frakturen müssen darüberhinaus in die Stellung gebracht werden, in der die Heilung erfolgen soll (Böhler). Dieses Einstellen der Fragmente, d.h. die Reposition, kann am Oberschenkel-schaft konservativ oder operativ vorgenommen werden.

Die konservative Reposition geschieht stets unter Zug und Gegenzug, zusätzlich auch durch seitlichen Druck (Böhler; Maatz; Matzner). Infolge der verhältnismäßig schwächeren Oberschenkelmuskulatur erfordert die Reposition beim Kind i.a. einen geringeren Kraftaufwand als beim Erwachsenen (Szentpétery und Papp). Reicht der manuelle Zug nicht aus, so werden Flaschenzüge oder Spindelschrauben zu Hilfe genommen (Maatz). Stets muß jedoch das periphere Fragment auf die Achse des proximalen eingestellt werden (Böhler; Maatz). Die Kontrolle des Repositionsvorganges bzw. -ergebnisses erfolgt röntgenologisch (z.B. Bildwandler). Zur Fixation der eingerichteten Bruchstücke (= Retention) dienen Lagerung (z.B. Braun'sche Schiene), erhärtende Verbände (z.B. Beckengips) und Streckverbände (z.B. Heftpflaster- oder Drahtextension). Schaftfrakturen lassen sich mitunter ohne gesonderten vorangehenden Repositionsvorgang, sozusagen in einem Akt einrichten und fixieren: Es wird lediglich eine Extension angelegt. Reposition und Retention gehen hierbei ungetrennt ineinander über (Maatz).

Bei der operativen Reposition erfolgt die Einrichtung der Fragmente nach Eröffnung der Frakturstelle unter Sicht des Auges. Im Gegensatz zur konservativen Reposition ist hier stets die Möglichkeit eines kontrollierten, anatomisch exakten Aufeinanderstellens der Bruchstücke gegeben (Müller, Allgöwer, Willenegger). Wird

einmal das Verfahren der blutigen Reposition gewählt, so erfolgt i.a. auch die operative Vereinigung der Fragmente (z.B. mit dem Marknagel oder der AO-Druckplatte). Unter allen Formen der Osteosynthese gestattet allein die geschlossene Marknagelung die Einrichtung des Bruches ohne Freilegung der Frakturstelle (Maatz). Hierbei wird das distale Fragment mit Manualhilfe von außen und unter Bildwandlerkontrolle auf den im proximalen Bruchstück vorangetriebenen Nagel aufgefädelt (Müller, Allgöwer, Willenegger).

Im Folgenden sei ein kurzer Überblick über die wichtigsten konservativen und operativen Behandlungsverfahren bei kindlichen Femur-schaftbrüchen gegeben.

II. Konservative Behandlungsverfahren

1. Gipsfixation

Eine Gipsfixation wird, der Indikation entsprechend, durchgeführt als Beckengips, Oberschenkel- oder dorsale Gipsschiene. Ein Gips wird zuweilen auch im Anschluß an eine Extensionsbehandlung angelegt, solange die Fraktur noch nicht vollkommen konsolidiert ist (Ehalt; de Groote). Die Gipsbehandlung erfordert Geschicklichkeit (Blount). Druckschädigungen infolge des Gipsverbandes oder Zirkulationsstörungen des Beines müssen durch eine sorgfältige Technik vermieden werden (Blount).

2. Heftpflasterextension

Die Heftpflasterextension wird als Hautextension an Ober- und Unterschenkel angelegt. Bei jungen Kindern wird sie häufig als ein- oder beidseitige Vertikalsuspension (= Schede-Lage) durchgeführt (Grob; Böhler; Watson-Jones; u.a.). Dieses Verfahren erleichtert die Pflege des Kleinkindes (Matzner). Bei älteren Kindern wird die horizontale Heftpflasterextension (= Russel-Extension) verwandt (Blount).

Zuweilen kann es zu Heftpflaster-Unverträglichkeitsreaktionen der Haut kommen (de Groote). Es muß ferner auf ein eventuelles Abrutschen der Heftpflasterzüge geachtet werden (Blount). Die Gefahr

ischämischer Schädigungen des Beines besteht vor allem bei vertikaler Heftpflasterextension (Ehalt).

3. Drahtextension

Femurschaftfrakturen älterer Kinder werden häufig mit einer Kirschner-Drahtextension behandelt (Böhler; Grob; Matzner; Haak; Lambrecht; u.a.). Ehalt verwendet auch einen zarten Steinmann-Nagel. Draht oder Nagel werden i.a. durch das proximale Tibia-Ende gelegt. Der Zug erfolgt, wie beim Erwachsenen auf einer Braun'schen Schiene.

Der Vorteil dieser Extensionsvorrichtung besteht in einem wirksameren Zug auf Dislokationen durch direkten Angriff am Knochen. Bei nicht exakt sterilen Bedingungen kann es allerdings zu Infektionen an den Drahtaustrittsstellen kommen (= Bohrlochinfektionen) und Komplikationen, von Weichteilabszessen bis zur Osteomyelitis (Matti; Matzner). Draht oder Nagel können auch ausreißen oder in die Epiphysenfugen durchschneiden und dadurch schwere Wachstumsstörungen verursachen (Blount). Bei Kindern ist daher unbedingt eine richtige Lagerung des Drahtes bzw. Nagels notwendig (Titze).

4. Extension nach Weber

Weber entwickelte ein Extensionsverfahren zur Behandlung kindlicher Femurschaftfrakturen, welches im Gegensatz zu allen anderen konservativen Behandlungsmethoden eine exakte Kontrolle und Korrektur der Femurtorsion gestattet. Ein eigens konstruierter Extensionstisch (sog. Weberbock) ermöglicht die Doppelaufhängung beider Beine bei rechtwinkliger Beugung in Hüft- und Kniegelenk. Die Oberschenkel sind um je $10 - 20^{\circ}$ abduziert, die Unterschenkel liegen parallel zur Körperachse gerichtet auf einem Unterschenkeltisch. Das gesunde Bein wird mittels Heftpflasterzug, das frakturierte durch Zug an einem Steinmann-Nagel proximal der distalen Femurepiphyse aufgehängt (Weber). Diese Lagerung erlaubt eine röntgenologische Kontrolle der projizierten Antetorsionswinkel beider Femora mit Hilfe der Antetorsionsaufnahme, mithin eine exakte Überprüfung der Torsioneinstellung auf der Frakturseite (vgl. dazu S. 67). Die Korrektur bei Torsionsfehlstellungen erfolgt über Aus- bzw. Einschwenken des Unter-

schenkels um den fehlerhaften Winkelbetrag.

III. Operative Behandlungsverfahren

1. Marknagelung

Die Marknagelung nach Küntscher - das geschlossene wie das offene Verfahren - wird auch zur Behandlung kindlicher Femurschaftfrakturen herangezogen. Dabei wird der Markraum aufgebohrt und ein großkalibriger Nagel formschlüssig in ganzer Länge des Markraumes eingeschlagen. Der Küntschernagel zeigt im Querschnitt etwa Kleeblattform, so daß durch elastische Verklemmung im Knochenrohr ein fester Sitz gewährleistet ist (stabile Osteosynthese).

Nach Ansicht der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO, Schweiz) bewährt sich bei kindlichen Oberschenkelschaftfrakturen die geschlossene Marknagelung mit einem dünnen, proximal gekrümmten Tibiamarknagel, der von latero-dorsal her unterhalb des Trochanter major und ohne Aufbohrung der Markhöhle eingeführt wird (Müller, Allgöwer, Willenegger). Die Epiphysenfuge des großen Rollhügels werde auf diese Weise nicht verletzt (vgl. Abb. 3). Auch dieser AO-Tibiamarknagel zeigt ähnlich dem Küntschernagel ein Kleeblattprofil.

Die frühzeitige Übungsstabilität und Belastbarkeit des verletzten Beines, wie sie nach Femurmarknagelung gegeben ist, spielt beim Kind im Gegensatz zum Erwachsenen (Vermeidung von Gelenkversteifungen, Muskelatrophien und allgemeinen Kreislaufschädigungen) keine entscheidende Rolle (Küntscher). Als Vorteile der Femurmarknagelung beim Kind gelten die vollständige und ununterbrochene Ruhigstellung der Fraktur und die Verhütung von Winkelbildungen und Rotationsfehlern (Mätzner; Rehbein und Hofmann; Daum, Metzger, Kürschner, Hecker; Müller, Allgöwer, Willenegger; Reding).

Umstrittene Probleme dieser Operationsmethode sind: die Infektionsgefährdung des kindlichen Knochens, das posttraumatisch gesteigerte Längenwachstum des genagelten Femurs, die postoperative Fettembolie und Epiphysenschädigungen infolge des Marknagels.

2. Kompressionsosteosynthese mit AO-Druckplatten

Ein weiteres Verfahren der stabilen Osteosynthese bei kindlichen Femurschaftfrakturen ist mit der AO-Druckplatte gegeben (Müller, Allgöwer, Willenegger). Diese wird als Zuggurtungsplatte mit einer Spannvorrichtung und Schrauben so angebracht, daß beide Fragmente permanent unter Kompression stehen. Gemäß ihrem Prinzip vermag die Zuggurtungsplatte alle Zugspannungen, dagegen keine Druckkräfte aufzufangen. Sie kann daher nur auf der Zugspannungsseite eines Knochens fixiert werden. Am Femur liegt sie daher auf der Gegenseite des Schenkelhalses, also latero-dorsal (vgl. Abb. 4). Der Bruchspalt ist infolge Kompression kaum sichtbar. Die Knochenwunde heilt primär, d.h. ohne sichtbare Kallusbildung (angiogene Ossifikation).

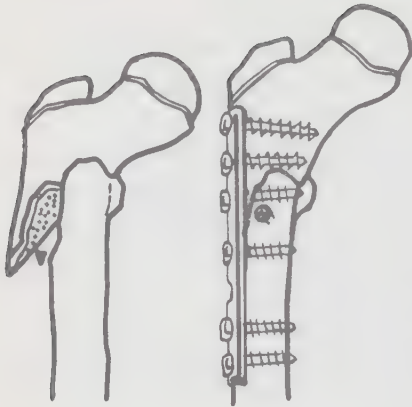
Die Verplattung wird besonders empfohlen bei hochsitzenden Femurschaftbrüchen, die sich im Extensionsverband nicht einstellen lassen (Müller, Allgöwer, Willenegger).

Abb. 3



Kindliche Femurschaftfraktur:
Osteosynthese mit einem proximal gekrümmten AO-Tibiamarknagel. Der Nagel wird von latero-dorsal her unterhalb des Trochanter major eingeführt, um die Epiphysenfuge des großen Rollhügels nicht zu verletzen.

Abb. 4



Subtrochanteräre Femurfraktur beim Kind: Fixation mit einer AO-Zuggurtungsplatte und Zugschraube.

3. Weitere operative Behandlungsverfahren

a. Osteosynthese mit van Hoff'schen Schrauben

Ein bei Kindern gelegentlich angewandtes operatives Verfahren ist die sogenannte temporäre Osteosynthese mit van Hoff'schen Schrauben (Grob). Nach blutiger Reposition erfolgt die Fixation der Fragmente mit 2 van Hoff'schen Schrauben, die über eine Querstange außerhalb der Wunde miteinander verbunden sind. Beide Frakturflächen werden hierbei fest aufeinandergepreßt. Das Osteosynthesematerial wird bei liegendem Circulärgips nach etwa 3 Wochen entfernt, der Gips aber belassen bis zur knöchernen Konsolidation der Fraktur.

b. Cerclage und Lane'sche Platte

Die Osteosynthese mit Cerclage oder Lane'scher Platte gilt als veraltet und wird zur Behandlung kindlicher Femurschaftfrakturen heute abgelehnt (Blount; Ehalt; Liszauer und Gara; Rehbein und Hofmann; u.a.)

Der junge Knochen unwächst schnell das Osteosynthesematerial. Er wird an diesen Stellen rarefiziert, geschwächt und bruchanfällig (de Groote). Durch ungenügende Fixation kann es wieder zu Ver-

biegungen des Femurs kommen (Lambrecht). Platte und Draht brechen außerdem bei Bewegung leicht und können somit Komplikationen, wie Heilungsverzögerungen, Refrakturen oder Pseudarthrosen verursachen (Blount).

E. PROGNOSE

Oberschenkelchaftbrüche heilen bei Kindern i.a. rascher als bei Erwachsenen (Grob). Der dicke Periostschlauch des jungen Knochens bedingt eine schnelle Kallusbildung (Ehalt). Die knöcherne Konsolidation der Fraktur erfolgt etwa innerhalb von 3 - 8 Wochen, je nach dem Alter des Kindes (Blount; Ehalt).

Die Heilungsergebnisse nach kindlichen Femerschaftfrakturen erweisen sich i.a. als sehr gut, in funktioneller wie in anatomischer Hinsicht (Ehalt; Trognon, Massy, Bouchez). Ausschlaggebend für diese gute Prognose ist, daß das Trauma einen noch im Wachstum befindlichen, jungen Knochen betrifft (Daum, Metzger, Kürschner, Hecker). Die Fraktur wird einbezogen in den Auf- und Umbau des Skeletts. So können z.B. bei der Heilung verbliebene Fehlstellungen im Rahmen dieser Wachstumsvorgänge ausgeglichen werden (Keel). Diese Korrekturmöglichkeit erweist sich als besonders günstig für Seitverschiebungen, in begrenztem Umfang auch für Achsenknicke, weniger für Torsionsfehlstellungen (Vontobel, Genton, Schmid). Außerdem wird nach kindlichen Oberschenkelchaftfrakturen häufig ein vermehrtes Längenzwachstum des betroffenen Femurs beobachtet (Flach, Geisbe, Fendel). Stets willkommen als Längenausgleich eines in Verkürzung geheilten Femurs, kann es jedoch bei überschießender Reaktion auch zur Verlängerung des verletzten Beines gegenüber dem gesunden führen (Schweiberer, Hofmeier, Faust). Aufgrund der statischen Funktion der unteren Extremität führen bleibende Fehlstellungen größeren Ausmaßes zu Fehlbelastungen der Gelenke (Ehalt). Es können daraus Spätschäden, wie Arthrosen, resultieren (Weber).

F. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

I. Krankengut

Grundlage der folgenden Untersuchungen sind 113 Kinder im Alter von einigen Monaten bis zu 14 Jahren mit Oberschenkelchaftfrakturen, die in der Chirurgischen Universitätsklinik, Mainz, im Zeitraum von 1958 - 67 zur Aufnahme und Behandlung gelangten.

Die Heilungsergebnisse wurden bei 93 Patienten 1 - 10 Jahre nach dem Unfall klinisch und röntgenologisch nachgeprüft. In 20 Fällen konnte keine Nachuntersuchung vorgenommen werden: 1 Patient verstarb wenige Stunden nach der Aufnahme in die Klinik, 8 Patienten waren unbekannt verzogen oder ausgewandert, 11 Patienten lehnten eine Nachuntersuchung ab.

II. Arbeitsmethode und statistische Methodik

Die Krankenblätter und Röntgenbilder aller Patienten gaben Aufschluß über Art und Schwere des Eingangsbefundes, Behandlungsmethode, Heilverlauf und Entlassungsbefund. Die ehemaligen Patienten wurden zur Nachkontrolle in die Klinik einbestellt, über subjektive Beschwerden befragt sowie klinisch und röntgenologisch untersucht. Die klinische Untersuchung umfaßte die Prüfung von Gangbild, Beckenstand und Wirbelsäule, die Kontrolle der Bein-gelenksfunktion, sowie die Umfangmessung beider Oberschenkel (bei sehr kleinen Kindern 10 cm, bei den übrigen Patienten 15 cm oberhalb der Patella). Die Beinlängenmessung erfolgte der erforderlichen Genauigkeit wegen röntgenologisch. Als Methode wurde die Vergleichsradiographie gewählt: Beide Extremitäten wurden in a.p.-Stellung bei standardisierter Einstellung (1,50 m Mindest-Fokus-Filmabstand) zugleich aufgenommen. Der auftretende Verzeichnungsfehler ist dabei gering und darf vernachlässigt werden (Taillard; Flach, Geisbe, Fendel). Bei allen nachuntersuchten Patienten wurde außerdem eine Seitenaufnahme des frakturierten Oberschenkels angefertigt, in bestimmten Fällen zusätzlich noch eine Antetorsions-Aufnahme (Müller).

Die Prüfung, ob die Untersuchungsergebnisse mehr als zufällige Unterschiede aufweisen, erfolgte mit dem χ^2 -Test (Sachs). Mit

Hilfe dieses Tests läßt sich beurteilen, ob eine beobachtete Verteilung von Häufigkeiten (Beobachtungswerte) mit einer theoretisch erwarteten Verteilung von Häufigkeiten (Erwartungswerte) übereinstimmt, oder ob beide Verteilungen mehr als zufällig von einander abweichen. Wird ein nicht mehr als zufälliger Unterschied zwischen beobachteter und theoretisch erwarteter Verteilung gefunden, so gilt die Nullhypothese. Besteht zwischen beobachteter und theoretisch erwarteter Verteilung ein statistisch nachweisbarer Unterschied, so gilt die Alternativhypothese. Gilt diese bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p \leq 5\%$, so wird das Ergebnis als statistisch auffällig, bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p \leq 1\%$ als statistisch signifikant bezeichnet. Die Prüffunktion für χ^2 lautet:

$$\chi^2 = \sum \frac{(B - E)^2}{E} \quad \begin{array}{l} B = \text{Beobachtungswert} \\ E = \text{Erwartungswert} \end{array}$$

Die Beurteilung des errechneten χ^2 -Wertes erfolgt anhand der Tabelle für die χ^2 -Verteilung, unter Berücksichtigung der vorgegebenen Irrtumswahrscheinlichkeit p und des Freiheitsgrades FG , der für jede Test-Tabelle bestimmt wird nach der Formel:

$$FG = (\text{Zeilenzahl} - 1) \cdot (\text{Spaltenzahl} - 1).$$

In den Tabellen dieser Arbeit, die mit Hilfe der χ^2 -Methode beurteilt werden, sind folgende Werte aufgeführt:

1. die beobachtete Häufigkeit = Beobachtungswert B
(Zahl der Fälle: n)

2. die erwartete Häufigkeit = Erwartungswert E

Dieser berechnet sich
in den Tabellen 1 - 3
nach der Formel

$$: E = \frac{\text{Gesamtzahl der Fälle}}{\text{Anzahl der Gruppen}}$$

und in den Tabellen
6 - 10 und 18 - 21
nach der Formel

$$: E = \frac{\text{Spaltensumme} \cdot \text{Zeilensumme}}{\text{Gesamtzahl der Fälle}}$$

3. das errechnete Teil- χ^2 für jedes Tabellen-Feld = $\frac{(B - E)^2}{E}$

Unter jeder Tabelle werden angegeben:

1. das Gesamt- χ^2 : dieses errechnet sich aus der Summe der Teil- χ^2 -Werte über allen Tabellen-Feldern (s.o.).

2. der Freiheitsgrad FG

3. die vorgegebene Irrtumswahrscheinlichkeit p , in %

4. der für FG und p tabellierte Wert für χ^2 (in Parenthese).

III. Untersuchungsergebnisse

1. Altersverteilung

Das Unfallalter der 113 Patienten betrug einige Monate bis 14 Jahre. Das jüngste Kind war 3 Monate alt. Aufschluß über die Unfallhäufigkeit in 7 Altersgruppen gibt Tabelle 1. Geprüft wird, ob ein Unterschied in der Unfallhäufigkeit zwischen den Altersgruppen besteht.

Tab. 1 Altersverteilung

Unfallalter (in Jahren)	E	n B	Teil- χ^2
bis 2	16,14	25	4,863
3 - 4	16,14	25	4,863
5 - 6	16,14	28	8,714
7 - 8	16,14	10	2,335
9 - 10	16,14	12	1,061
11 - 12	16,14	4	9,131
13 - 14	16,14	9	3,158
Summe		113	34,125

$$\chi^2 = 34,125 \quad FG = 6 \quad p < 1\% (16,812)$$

Das errechnete Gesamt- χ^2 (34,125) liegt über dem Tabellenwert für $\chi^2(16,812)$ bei $FG = 6$ und $p = 1\%$. Zwischen beobachteter Unfallhäufigkeit (Beobachtungswerte B) und erwarteter Verteilung (Erwartungswerte E) in den vorliegenden Altersgruppen ließ sich ein statistisch signifikanter Unterschied nachweisen. Das hohe Gesamt- χ^2 war bedingt durch mehrere größere Teil- χ^2 , insbesondere durch die beiden errechneten Werte in den Altersgruppen der 5 - 6-jährigen (8,714) und 11 - 12-jährigen (9,131) Kinder.

Die Unfallhäufigkeit war in den drei jüngeren Altersgruppen, insbesondere bei den 5 - 6-jährigen Patienten (28 Fälle), wesentlich größer als bei älteren Kindern. In der Gruppe der 11 - 12-jährigen fanden sich die wenigsten Patienten (4 Fälle).

2. Geschlechtsverteilung

Die Prüfhypothese lautet: Besteht ein Unterschied zwischen Knaben und Mädchen in der Unfallhäufigkeit?

Tab. 2 Geschlechtsverteilung

Geschlecht	n		Teil- χ^2
	E	B	
Knaben	56,50	81	10,623
Mädchen	56,50	32	10,623
Summe		113	21,246

$$\chi^2 = 21,246 \quad FG = 1 \quad p < 1\% \quad (6,635)$$

Das errechnete Gesamt- χ^2 liegt über dem Tabellenwert für χ^2 bei $FG = 1$ und $p = 1\%$. Knaben waren mit 81 von 113 Kindern weitaus stärker vertreten als Mädchen (32 Fälle).

3. Seitlokalisation der Frakturen

110 der 113 Kinder hatten einseitige, 3 Patienten doppelseitige Femurschaftbrüche. Die Gesamtzahl der beobachteten Frakturen beträgt somit 116. Die Untersuchung der Rechts - Links - Verteilung der Frakturen (Tab. 3) erfolgt ohne Berücksichtigung der doppelseitigen Brüche. Es soll geprüft werden, ob bezüglich der Frakturhäufigkeit ein Unterschied zwischen rechter und linker Seite besteht.

Tab. 3 Rechts - Links - Verteilung

Seitlokalisation	n		Teil- χ^2
	E	B	
links	55	61	0,654
rechts	55	49	0,654
Summe		110	1,308

$$\chi^2 = 1,308 \quad FG = 1 \quad p > 5\% \quad (3,841)$$

Die Prüfung der Seitverteilung der Frakturen ergab statistisch keinen nachweisbaren Unterschied. Es wurden 61 linksseitige und 49 rechtsseitige Femurschaftfrakturen beobachtet.

4. Unfallursachen

Die Unfallursachen ließen sich, trotz individueller Unterschiede in der Anamnese, in 3 Gruppen zusammenfassen: Es wurden 52 Verkehrsunfälle (= 46% der Fälle), 28 Spielunfälle (= 25%) und 29 häusliche Unfälle (= 26%; z.B.: Treppe heruntergestürzt, aus dem Bettchen gefallen) beobachtet. Bei 4 Patienten (= 3%) konnte die Unfallursache nicht ermittelt werden.

5. Aufnahmebefund

94 der 113 Kinder kamen mit den bekannten klassischen Frakturzeichen (s.S. 3) zur Aufnahme. Bei den übrigen Patienten enthielten die Krankenblätter keine derartigen klinischen Angaben. Es handelte sich vorwiegend um geschlossene (113 von 116 Fällen), in 3 Fällen um offene Oberschenkelchaftbrüche. Hinweise auf schwerwiegende Nerven- oder Gefäßläsionen im Bereich des Oberschenkels fanden sich nicht.

Die Aufschlüsselung der 116 Femurschaftbrüche nach der Frakturform ergab: 53 Querfrakturen (= 45,7% der Fälle), 39 Torsionsfrakturen (= 33,6%), 23 Schrägfrakturen (= 19,8%) und 1 Kompressionsfraktur. Der letztgenannte, seltene Fall sei kurz beschrieben.

(H.I., 9 Monate, KrbI.Nr. 8235) Unfallursache: von der Couch gefallen; Aufnahme mit Druckschmerz oberhalb des linken Knies; Kompressionsfraktur im distalen Schaftbereich; Heftpflasterextension (3 Wochen), anschließend Schienenverband (1 Woche); Nachuntersuchung 10 Jahre später: intakte Beinfunktion, linkes Femur geringfügig verlängert (0,5 cm).

83 Frakturen (= 72% der Fälle) lagen im mittleren, 20 (= 17%) im oberen und 13 (= 11%) im unteren Schaftdrittel. Der Beurteilung der Fragmentstellung der Frakturen seien folgende Definitionen vorangestellt (in Anlehnung an Schüttemeyer und Flach):

- a. nicht dislozierte Fraktur = sehr guter Fragmentstand
- b. leicht dislozierte Fraktur = guter Fragmentstand, wenn 1 oder mehrere der folgenden Fehlstellungen vorliegen:
 - Seitverschiebung bis einschließlich Schaftbreite
 - Achsenknick bis einschließlich 15°
 - Verkürzung bis einschließlich 1,5 cm

- c. stark dislozierte Fraktur = schlechter Fragmentstand, wenn die Grenzen der unter b. genannten Fehlstellungen überschritten werden und/oder wenn eine Torsionsfehlstellung besteht.

Im vorliegenden Krankengut fanden sich 7 nicht dislozierte und 106 dislozierte Frakturen, darunter 22 leicht und 84 stark dislozierte Brüche. In 3 Fällen waren diesbezügliche Angaben aufgrund fehlender entsprechender Röntgenogramme nicht möglich.

Die Frakturen im proximalen Schaftbereich (20 Fälle) wiesen in 17 Fällen Varusknick - Antekurvatur - Torsionsfehlstellung auf. 3 Frakturen zeigten dagegen Valgusknick oder Rekurvatur. Außerdem bestanden in allen Fällen Seitverschiebungen und Verkürzungen (bis 1,5 cm in 10 Fällen, darüberhinaus bis 4 cm in den übrigen Fällen).

Bei den Frakturen des mittleren Schaftbereiches (83 Fälle) bestanden, abgesehen von 7 nicht dislozierten Frakturen und 3 weiteren Brüchen, deren Dislokationsgrad nicht beurteilt werden konnte (s.o.), vielfältige Kombinationen der einzelnen Dislokationsformen. In 40 Fällen wurden jedoch stärkere Verkürzungen zwischen 2 - 6 cm beobachtet.

Die Frakturen im distalen Schaftbereich (13 Fälle) zeigten, abgesehen von einer nicht dislozierten Fraktur, Varusfehlstellungen (4 Fälle), Rekurvaturen (2 Fälle) oder beides (3 Fälle); Valgusknicke und/oder Antekurvaturen bestanden in 3 Fällen. Seitverschiebungen waren stets, Verkürzungen jedoch nur in 10 Fällen vorhanden; diese lagen i.a. bei 2 cm.

6. Therapie und Heilverlauf

Von den 116 Frakturen des vorliegenden Krankengutes wurden 103 konservativ und 13 operativ behandelt.

a. Konservative Therapie

Die konservative Therapie umfaßte Heftpflaster-Extension (75 Fälle), Bohrdraht-Extension (20 Fälle) und die einfache Gipsfixation (7 Fälle).

Bei 1 Patienten konnte aufgrund fehlender Angaben in den Krankenunterlagen die Art der konservativen Therapie nicht ermittelt werden.

Heftpflasterextension

Bei jüngeren Kindern bis zum 6. Lebensjahr einschließlich wurde in 17 Fällen eine vertikale Heftpflaster-Extension angelegt, in Form der einseitigen (8 Frakturen) oder doppelseitigen (9 Frakturen) Aufhängung. Unter den letzteren befand sich 1 Kind mit einem doppelseitigen Femurschaftbruch.

Es handelte sich um 1 nicht dislozierte, 3 leicht und 11 stark dislozierte Brüche. Die Fragmentstellung verbesserte sich unter der Behandlung in allen Fällen, so daß der Frakturstand bei Entlassung in 2 Fällen als sehr gut, in 10 Fällen als gut und nur noch in 3 Fällen als schlecht zu bezeichnen war. In diesen Fällen waren größere Achsenfehlstellungen von $20 - 25^{\circ}$ (2 Fälle) bzw. eine stärkere Verkürzung von 2 cm (1 Fall) verblieben. 2 Patienten wurden in dieser Aufstellung nicht berücksichtigt. In einem Fall standen Aufnahme- und Entlassungsbilder nicht zur Verfügung, im anderen Fall fehlten letztere (bei der Aufnahme hatte hier eine stark dislozierte Fraktur vorgelegen).

Die Extensionsdauer betrug etwa 3 - 4 Wochen (16 Fälle). In einem Ausnahmefall mußte die Extension wegen mehrerer größerer Decubitaldefekte am Fußrücken nach einer Woche durch eine Gipsfixation ersetzt werden.

Bei einem anderen Kind wurden nach Abnahme der Extension multiple Druckulcera am Bein festgestellt. Bei einem weiteren Patienten bestand eine stärkere Hautmaceration infolge des Heftpflasterzuges. Alle diese Hautschäden heilten bald ab. Im übrigen wurden keine Komplikationen im Heilverlauf beobachtet.

Waren die Frakturen nach Entfernung der Extension klinisch noch nicht ganz konsolidiert (8 Fälle), so wurden sie für weitere 1 - 5 Wochen im Gipsverband ruhiggestellt. 5 Patienten erhielten einen Beckengips, 2 einen Beckenring- und Oberschenkelgips und ein Kind einen einfachen Oberschenkelgips. Bei dieser Gelegenheit wurde

häufig eine nochmalige manuelle Korrektur verbliebener stärkerer Fehlstellungen durchgeführt (bei 5 der 8 Fälle).

58 Frakturen wurden mit einer horizontalen Heftpflaster-Extension versorgt. Bei 52 Patienten wurde sie einseitig, in 5 Fällen doppelseitig angelegt. Unter den letzteren befand sich ein Kind mit einer beidseitigen Femurschaftfraktur. Die Kinder waren bis zu 11 Jahren alt.

Unter 56 Frakturen zeigten 4 keine, 12 leichte und 40 starke Dislokationen bei der Aufnahme. Im Zuge der Behandlung konnten die meisten Fehlstellungen ausgeglichen oder verbessert werden, so daß bei Entlassung in 7 Fällen eine sehr gute, in 33 Fällen eine gute und nur noch in 16 Fällen eine schlechte Fragmentstellung bestand. Unter den letzteren befanden sich 2 ursprünglich nur leicht dislozierte Frakturen, deren Fragmentstellung sich später verschlechtert hatte: In einem Fall traten trotz Extension Achsenfehlstellungen auf (Valgus 20° , Rekurvatur 30°), im anderen Fall verstärkte sich eine bestehende Verkürzung von 1 cm auf 2 cm. Bei den anderen 14 Frakturen mit noch unbefriedigendem Fragmentstand handelte es sich um ursprünglich stark dislozierte Brüche. In 3 Fällen waren stärkere Achsenknicke von $18 - 25^{\circ}$, in 6 Fällen stärkere Verkürzungen von 2 - 3 cm und in 5 Fällen Torsionsfehler verblieben. 2 Patienten wurden in der genannten Aufstellung nicht berücksichtigt: In einem Fall fehlten die Röntgenogramme vom Aufnahmetag (bei Entlassung bestand ein guter Fragmentstand). Das andere Kind mit einer stark dislozierten Femurschaftfraktur starb 12 Stunden nach der Aufnahme in die Klinik infolge schwerer Begleitverletzungen (u.a. Niereneruptur; Verkehrsunfall).

Die Extension wurde mit Ausnahme jenes letztgenannten Falles, 1 - 6 Wochen (54 Frakturen), bei 1 Fraktur 7 Wochen belassen. In 2 Fällen konnte die Extensionsdauer nicht ermittelt werden. Nach 1 - 2-wöchiger Extensionszeit wurde in allen Fällen (11 Frakturen) noch eine Ruhigstellung im Beckengips angeschlossen (für 2 - 4 Wochen in 7, für 5 - 8 Wochen in 4 Fällen). Nach über 2-wöchiger Extensionsbehandlung waren die Frakturen i.a. klinisch fest (41 Fälle). Nur in 3 Fällen mußte dann noch ein Beckengips für 3 - 5 Wochen angelegt werden.

Hautschäden, verursacht durch den Heftpflasterzug, entstanden bei 3 Patienten: Hautreizungen in 2 Fällen, Drucknekrosen über dem dorsalen Fußgelenk in 1 Fall. Diese heilten jedoch nach Entfernung der Extension bald ab.

Als Sonderfall ist hier außerdem ein 3-jähriger Knabe zu erwähnen (W.K., KrbI.Nr. 16464) mit einer leicht dislozierten Torsionsfraktur im medialen Schaftbereich. Dieser erhielt zunächst, anstelle der üblichen Heftpflasterextension eine Tubegauze-Extension. Der in dieser Extensionsvorrichtung enthaltene Metallring führte innerhalb von 48 Stunden zu erheblichen Druckstellen im Fersenbereich und in der Beugefalte des Fußrückens. Die genannte Extension wurde daraufhin durch eine normale Heftpflasterextension ersetzt. Dennoch entwickelten sich tiefe Kolliquationsnekrosen, die zunächst vergeblich, beim 2. Mal jedoch erfolgreich mit einer Thiersch-Plastik gedeckt werden konnten. Nach 3 Monaten waren die Hautdefekte gut verheilt.

Bohrdraht-Extension

Bei 19 Kindern im Alter von 4 - 14 Jahren mit insgesamt 20 Frakturen wurde eine Bohrdrahtextension angelegt. Darunter befand sich 1 Patient mit einer doppelseitigen Femurschaftfraktur.

Der Draht wurde i.a. durch das obere Tibia-Ende gelegt (19 Frakturen), in 1 Fall durch das untere Femur-Ende. Es handelte sich hierbei um eine leicht dislozierte Schrägfraktur im medialen Schaftbereich bei einem 11-jährigen Knaben (M.W., KrbI.Nr. 31284).

Abgesehen von 1 Fraktur, deren Dislokationsgrad bei der Aufnahme aufgrund fehlender Röntgenogramme nicht beurteilt werden konnte (bei Entlassung bestand hier eine gute Fragmentstellung), lagen in 17 Fällen stark dislozierte und nur in 2 Fällen leicht dislozierte Frakturen bei der Aufnahme vor. Die Fragmentstellung verbesserte sich unter der Behandlung in den meisten Fällen, so daß bei Entlassung 13 gut stehende und nur noch 6 schlecht stehende Frakturen zu beobachten waren. In den letztgenannten Fällen waren stärkere Verkürzungen von 2 - 3 cm (4 Fälle), Torsionsfehler (1 Fall) und ein Achsenknick von 16° , der während der Behandlung aufgetreten war, verblieben.

Die Drahtextension wurde 1 - 4 Wochen belassen. 4 Patienten erhielten mit der Extension zugleich einen Beckengips. Bei weiteren 8 Patienten war eine Ruhigstellung für 3 - 8 Wochen im Anschluß an die Extension notwendig (in 7 Fällen ein Beckengips, in 1 Fall ein Oberschenkellegegips).

Komplikationen im Heilverlauf, z.B. Bohrlochinfektionen, wurden nicht beobachtet.

Unter den mit Drahtextension versorgten Frakturen befanden sich die 3 offenen Oberschenkelchaftbrüche des Krankengutes. Diese Fälle seien kurz geschildert.

(W.P.-H., 7 Jahre, KrbI.Nr. 36647) Verkehrsunfall; Querfraktur links in Schaftmitte mit Durchspießung und Weichteilinterposition; bei Aufnahme Seitverschiebung um Schaftbreite nach dorsal und lateral, Verkürzung 4 cm, Varus 15° , Torsion; Wundrevision, Bohrdrahtextension durch oberes Tibia-Ende (2 Wochen), anschließend Beckengips (7 Wochen); bei Entlassung Wunden reizlos, Seitverschiebung um Schaftbreite nach dorsal, um $1/2$ Schaftbreite nach lateral, Verkürzung 2 cm, Varus 12° , Rekurvatur 7° ; Nachuntersuchung 7 Jahre später: freie Beingelenksfunktion, Seitverschiebung um $1/2$ Schaftbreite nach dorsal, Varus unverändert (12°), Rekurvatur 2° , Verkürzung 0,4 cm.

(S.G., 13 Jahre, KrbI.Nr. 36463) Spielunfall (Sturz vom Baum); Querfraktur rechts in Schaftmitte mit Durchspießungswunde, außerdem zentrale Hüftgelenksluxation links; Seitdislokation um volle Schaftbreite nach medial, Verkürzung 5 cm, geringer Varus (2°); Wundrevision, doppelseitige Bohrdrahtextension durch oberes Tibia-Ende, rechts für 2 Wochen, links für 7 Wochen. Entlassungsergebnis: Wunden reizlos, Seitverschiebung um volle Schaftbreite nach lateral und dorsal, Verkürzung 2 cm, Varus 5° , Rekurvatur 7° ; der Patient erschien nicht zur Nachuntersuchung.

(F.P.-W., 13 Jahre, KrbI.Nr. 27054) Verkehrsunfall; offene Querfraktur rechts in Schaftmitte mit Herausragen des proximalen Fragmentes aus halbmondförmiger Wunde, außerdem komplizierte Unterschenkelkfraktur beiderseits; in auswärtigem Krankenhaus Amputation des linken Unterschenkels, am rechten Oberschenkel Wundrevision, Reposition und Kirschner-Drahtextension durch oberes Tibia-Ende (3 Wochen), dann gefensterter Beckengips; während der Gipsbehandlung Verlegung in die Mainzer Klinik; bei Aufnahme: Oberschenkelwunde verheilt, Seitdislokation um volle Schaftbreite nach dorsal, Varus 12° ; Entfernung des Beckengipses nach 6 Wochen; Femurschaftbruch war komplikationslos verheilt, gleichseitige Unterschenkelkfraktur zeigte Heilungsverzögerungen; daher weitere Gipsfixation für noch 31 Wochen; Nachuntersuchung 5 Jahre später: Gehbehinderung durch Unterschenkelprothese links, Oberschenkel rechts mit Muskelhypertrophie (Umfangdifferenz von 6,5 cm), radiologisch: Varus unverändert (12°), Femurverkürzung 1,5 cm.

Gipsfixation

7 Frakturen bei Kindern zwischen 2 und 13 Jahren wurden mit einfacher Gipsfixation behandelt. 2 Patienten mit nicht dislozierten Schrägfrakturen im medialen Schaftbereich erhielten einen Oberschenkelliegendegips. Beide Frakturen verheilten in anatomisch exakter Stellung. 5 Frakturen wurden nach meist konservativer Reposition (4 Fälle) im Beckengips ruhiggestellt. Es handelte sich um 3 leicht und 2 stark dislozierte Frakturen. Sie verheilten vorwiegend mit gutem (4 Fälle), in 1 Fall mit schlechtem Fragmentstand.

Bei einer Schrägfraktur im medialen Schaftbereich war eine Antekurvatur von 10° im Laufe der Behandlung aufgetreten. Bei 2 weiteren ursprünglich leicht dislozierten Querfrakturen im distalen Schaftdrittel verstärkte sich in 1 Fall die bestehende Rekurvation von 12° auf 20° , im anderen Fall trat ein Varus von 15° auf. Bei einer Querfraktur im medialen Schaftdrittel konnte eine anfänglich starke Verkürzung von 4 cm zwar korrigiert werden, die Fraktur verheilte jedoch mit einem Varus und einer Antekurvatur von jeweils 10° , die sich während der Gipsbehandlung eingestellt hatten. Bei einer stark dislozierten Torsionsfraktur im proximalen Schaftbereich (Verkürzung 4,5 cm, Varus 36° bei der Aufnahme) konnte die Achsenfehlstellung durch Keilung des Gipses zwar weitgehend behoben werden, die Fraktur verheilte jedoch mit einer noch starken Verkürzung von 3 cm. Die Fixationszeit betrug in diesem Falle 11 Wochen. Anschließend bestand eine massive Beugeeinschränkung im Kniegelenk (Beugung nur bis 90° , passiv). Daher wurde eine Mobilisation des Kniegelenkes in Narkose durchgeführt. Bei den übrigen Patienten lag die Fixationszeit zwischen 3 und 7 Wochen.

Heilungsdauer

Betrachtet man die Zeit der ununterbrochenen Ruhigstellung bei konservativer Therapie als Konsolidationszeit der Fraktur (Ehalt), so betrug diese bei den 103 konservativ behandelten Femurschaftbrüchen in 33 Fällen bis zu 4 Wochen, in 57 Fällen bis zu 8 Wochen, in 6 Fällen darüberhinaus bis zu 18 Wochen. Bei 1 Patienten war die Fixationszeit, allerdings infolge einer komplizierten Unterschenkel-fraktur, extrem lang (42 Wochen, Fallbeschreibung auf S. 21). In

5 Fällen konnte die Heilungsdauer aufgrund fehlender Angaben in den Krankenunterlagen nicht ermittelt werden, und 1 Patient war, wie schon erwähnt, verstorben.

b. Osteosynthese

Marknagelung

Bei 8 Kindern im Alter von 4 - 14 Jahren wurde die Marknagelung nach Küntscher durchgeführt. Es wurde in allen Fällen das geschlossene Verfahren angewandt. Bei 2 Patienten wurde die Nagelung primär vorgenommen.

Eines dieser Kinder (D.H., 9 Jahre, KrbI.Nr. 6698) hatte außer einer Querfraktur des linken Femur in Schaftmitte eine gleichseitige komplizierte Unterschenkelfraktur erlitten (Verkehrsunfall). Beide Frakturen wurden primär genagelt. Der Femurschaftbruch war nach 6 Wochen achsengerecht und komplikationslos verheilt, die Unterschenkelfraktur zeigte heilungsverzögerungen. Daher Oberschenkel-liegegips für 22 Wochen, anschließend Gehgips für längere Zeit. Nachuntersuchung nach 10 Jahren: freie Beinfunktion, linkes Femur achsengerecht, 1,9 cm verlängert, Beckenschiefstand und rechts-konvexe Skoliose der Wirbelsäule.

Bei dem anderen Kind (K.G., 9 Jahre, KrbI.Nr. 10404) wurde die Marknagelung wegen einer schweren Commotio cerebri (Verkehrsunfall) erst 10 Tage nach der Aufnahme vorgenommen: Querfraktur rechts in Schaftmitte mit Seitdislokation um volle Schaftbreite nach dorsal und um 1/4 Schaftbreite nach medial, Verkürzung 4 cm, Varus 20°; Heilung komplikationslos und in achsengerechter Stellung; nach 4 Wochen belastungsfähig; die Patientin erschien nicht zur Nachuntersuchung.

Bei 6 Kindern erfolgte die Marknagelung sekundär nach vorangegangener Heftpflaster- (5 Fälle) oder Drahtextension (1 Fall). Es handelte sich um 3 Querfrakturen im medialen und 2 Querfrakturen und eine Schrägfraktur im proximalen Schaftbereich, bei denen mit den genannten konservativen Behandlungsmethoden eine gute Fragmentstellung nicht zu erreichen war. Volle Belastungsfähigkeit der betroffenen Extremität war i.a. 4 Wochen (5 Fälle), spätestens 6 Wochen (1 Fall) nach der Operation erreicht. Die Frakturen heilten in anatomisch exakter Stellung. Komplikationen im postoperativen Verlauf traten nicht auf.

Der Marknagel wurde in den meisten Fällen nach 1/2 Jahr bis spätestens 1 1/2 Jahren entfernt (7 Fälle), bei 1 Patienten aber schon nach 3 Monaten. In diesem Fall trat kurze Zeit darauf eine Refraktur im alten Verletzungsbereich auf.

Dieser Patient (R.G., 4 Jahre, KrbI.Nr. 16037, vgl. Anhang Abb. 1) hatte eine Querfraktur rechts im medialen Schaftbereich erlitten; in auswärtigem Krankenhaus: Heftpflasterextension; da eine gute Frakturstellung nicht zu erreichen war, Verlegung in die Mainzer Klinik; bei Aufnahme bestanden Seitdislokation um mehr als Schaftbreite nach medial und dorsal, Verkürzung 3 cm, Varus 30°, Antekurvation 22°, beginnende Brückenkalusbildung; zunächst konservative Reposition und Kirschner-Drahtstift-Fixation, gleichzeitig Beckengips; wegen weiterhin schlechter Fragmentstellung nach 2 Wochen Marknagelung; 3 Wochen nach der Operation belastungsfähig; Fraktur verheilte achsengerecht; 3 Monate nach der Operation Nagelextraktion; 3 Wochen später Refraktur im alten Verletzungsbereich, ursächliches Trauma: war von Hund umgestoßen worden; Beckenbeingips für 12 Wochen; achsengerecht verheilt; Nachuntersuchung 8 Jahre später: Beinfunktion intakt, rechtes Femur achsengerecht, aber verlängert um 1,9 cm.

Cerclage

Die operative Drahtumschlingung wurde bei 4 Kindern im Alter von 4, 5, 6 und 10 Jahren als sekundäre Osteosynthese durchgeführt (Dies liegt etwa schon 10 Jahre zurück: 1958 - 1962). Primär war mit Hilfe konservativer Behandlungsmethoden - horizontale Heftpflasterextension in 3 Fällen und Gipsfixation in 1 Fall - vergeblich versucht worden, eine gute Fragmentstellung zu erzielen. Bei allen mit Cerclage versorgten Frakturen wurde gleichzeitig ein Beckengips angelegt.

2 Frakturen verheilten in anatomisch exakter Stellung. In den anderen beiden Fällen erwies sich die Osteosynthese als instabil. In einem Fall trat nach anatomisch zunächst einwandfreier Stellung erneut ein Achsenknick von 20° auf.

Der andere Patient (S.R., 5 Jahre, KrbI.Nr. 8795, vgl. Anhang Abb.2) erlitt 2 Wochen nach der Operation, die in einem auswärtigen Krankenhaus vorgenommen worden war, eine Refraktur. Daraufhin Heftpflasterextension und Gipsfixation (4 Wochen). Anschließend Überweisung in die Mainzer Klinik: Querfraktur links im mittleren Schaftdrittel; Seitdislokation um 1/2 Schaftbreite nach lateral, Valgus 18°, proximaler Draht der 3-fachen Cerclage gebrochen; weitere Ruhigstellung im Gipsverband (2 Wochen); Fraktur verheilte mit Valgus von 10°; Nachuntersuchung nach 10 Jahren: freie Beingelenksfunktion, Seitverschiebung ganz, Valgus bis auf 5° ausgeglichen, gleiche Femurlänge beiderseits.

Die mit Cerclage behandelten Brüche waren nach 4 - 6 Wochen belastungsfähig, mit Ausnahme jenes letztgenannten Falles (8 Wochen).

Bei 3 Patienten wurde die Drahtumschlingung nach 9, 19 und 11 Monaten entfernt. Im letzteren Fall mußte eine Aufmeißelung der in tiefen Knochenkanälen liegenden Drähte vorgenommen werden. Bei 1 Patienten wurden bei der Nachuntersuchung, 6 Jahre nach dem Unfall, noch 4 liegende Drahtschlingen festgestellt.

Sonderfall

Bei einem Kind wurde eine Fixation der Fragmente mit 2 Zimmermannsnägeln und 1 Rush-pin vorgenommen. Dieser Fall sei kurz beschrieben.

(H.D., 4 Jahre, KrbI.Nr. 10361, vgl. Anhang Abb. 3) Verkehrsunfall; Querfraktur links im distalen Schaftdrittel; Seitverschiebung um volle Schaftbreite nach lateral und dorsal, Verkürzung 4 cm; zunächst konservative Reposition, horizontale Heftpflasterextension; nach 3 Wochen wegen schlechtem Fragmentstand operative Fixation mit 2 Zimmermannsnägeln und 1 Rush-pin; achsengerechter Frakturstand; in der Folgezeit beginnende Osteomyelitis; nach 3 Wochen Entfernung der Metallfixation; anschließend Abszeßbildung (Antibiotica, Incision); Sequesterbildung; Massage und, wegen starker Beugeeinschränkung, 2-malige Mobilisation des Kniegelenkes in Narkose innerhalb von 14 Tagen; Entlassung nach insgesamt 4 Monaten; Sequestrotomie nach weiteren 5 Monaten in auswärtigem Hospital. Nachuntersuchung nach 9 Jahren: subjektiv beschwerdefrei; Muskelatrophie des linken Oberschenkels (Umfangsdifferenz von 2,5 cm); Beugehemmung im Kniegelenk links von 30°; Femurverlängerung von 0,5 cm, geringe Femurverbiegung im oberen und unteren Schaftbereich; Osteomyelitis ausgeheilt.

c. Nachbehandlung

Bei 73 der 113 Patienten wurde nach Konsolidation der Fraktur eine funktionelle Nachbehandlung in Form aktiver Bewegungsübungen, Gehübungen oder Massagen durchgeführt (für 1 - 3 Wochen bei 66, darüberhinaus für 4 - 7 Wochen bei 7 Patienten). Bei 2 Kindern wurde außerdem wegen erheblicher Beugebehinderung eine Mobilisation des Kniegelenkes in Narkose vorgenommen. Bei 39 Patienten fehlten diesbezügliche Angaben in den Krankenunterlagen und 1 Patient war verstorben.

7. Entlassungsbefund

Tab. 4 Therapie und Fragmentstand bei Entlassung (Definition s.S. 16f.)

Fragmentstand b. Entlassung	Therapie		Summe
	konservativ	operativ	
sehr gut	11	11	22
gut	63	1	64
schlecht	26	1	27
keine Angabe	3	-	3
Summe	103	13	116

Während 22 der 116 Femurschaftfrakturen in anatomisch exakter Stellung verheilten, wiesen insgesamt 91 Frakturen bei Abschluß der Behandlung noch mehr oder weniger starke Fehlstellungen auf (guter Fragmentstand bei 64, schlechter bei 27 Frakturen). In 3 Fällen (nach konservativer Therapie) waren Angaben zum Entlassungsbefund nicht möglich: 1 Kind war verstorben, bei 2 Patienten fehlten die entsprechenden Röntgenogramme. Dislokationen waren vorwiegend nach konservativer Therapie verblieben: Von 103 Frakturen verheilten 63 nur mit guter, 26 mit schlechter Fragmentstellung. Die Mehrzahl der operativ behandelten Frakturen verheilte dagegen in anatomisch einwandfreier Stellung (11 von 13 Fällen). Nur 2 mit Cerclage behandelte Frakturen zeigten noch Achsenfehlstellungen (guter Fragmentstand bei der einen, schlechter bei der anderen Fraktur).

An Fehlstellungen waren im einzelnen verblieben:

132 Seitverschiebungen, davon um volle Schaftbreite: 42 Fälle
weniger als v. Sch.br. 90 Fälle

96 Achsenknicke , davon bis 10° : 62 Fälle
11- 20° : 29 Fälle
21- 30° : 5 Fälle

67 Verkürzungen , davon bis 1 cm: 47 Fälle
1,1-2 cm: 17 Fälle
2,1-3 cm: 3 Fälle

7 Drehfehler.

8. Nachuntersuchungsergebnisse

93 der 113 Patienten mit insgesamt 96 Frakturen konnten 1 - 10 Jahre nach dem Unfall klinisch und röntgenologisch nachuntersucht werden.

a. Klinisch

76 der 93 Nachuntersuchten fühlten sich subjektiv völlig beschwerdefrei. 17 Patienten (= 18% der Fälle) gaben noch gelegentliche, leichte Beschwerden seitens des verletzten Oberschenkels an, wie Schmerzen bei Witterungswechsel (7 Fälle) oder nach stärkerer Beanspruchung (6 Fälle) oder nach beidem (4 Fälle).

Mit Ausnahme eines gehbehinderten Patienten (Unterschenkelprothese auf der Gegenseite, Fallbeschreibung auf S. 21), zeigten alle Nachuntersuchten ein unauffälliges Gangbild. Die Prüfung der groben Kraft ergab bei keinem Patienten Differenzen zwischen verletzter und unverletzter Extremität. Es bestanden keine Sensibilitäts- oder Durchblutungsstörungen des Beines.

Bei 28 der 93 nachuntersuchten Patienten (etwa 1/3 der Fälle) bestanden 1 - 10 Jahre nach dem Unfall Umfangdifferenzen beider Oberschenkel im Sinne einer Muskelatrophie auf der verletzten Seite von 1 cm (19 Fälle), 1,5 cm (7 Fälle), 2 cm (1 Fall) und 2,5 cm (1 Fall). Im letztgenannten Falle handelte es sich um einen Zustand nach Osteomyelitis (Fallbeschreibung S. 25). Bei 1 Patienten, es handelte sich um jenen, der auf der Gegenseite eine Unterschenkelprothese trug (s.●.), wurde eine Umfangdifferenz im Sinne einer Muskelhypertrophie des Oberschenkels auf der Frakturseite gemessen (6,5 cm).

Die Fuß- und Hüftgelenksfunktion war bei keinem der Nachuntersuchten behindert. Bei 2 Patienten bestand eine Beugeeinschränkung von 20 - 30° im Kniegelenk der Frakturseite. Es handelte sich in einem Fall um einen Zustand nach operativer Metallfixation und Osteomyelitis, bei dem noch während des stationären Aufenthaltes wegen starker Beugehemmung eine 2-malige Mobilisation des Kniegelenkes in Narkose vorgenommen worden war (Fallbeschreibung auf S. 25).

Der andere Patient war nach 3-wöchiger konservativer Behandlung (Heftpflasterextension) vorzeitig auf Wunsch der Eltern entlassen und in einem auswärtigen Hospital weiterbehandelt worden.

2 Patienten wiesen bei der Nachuntersuchung einen deutlichen Beckenschiefstand und eine rechtskonvexe Skoliose der Wirbelsäule auf. Bei beiden Patienten bestand eine Verlängerung des frakturierten Femurs links, in 1 Fall von 2,3 cm (nach Heftpflasterextension), im anderen Fall von 1,9 cm (nach Marknagelung, Fallbeschreibung auf S. 23). Den Patienten war diese Fehlhaltung nicht aufgefallen. Sie hatten auch keine diesbezüglichen Beschwerden. Die Unfälle lagen 6 und 10 Jahre zurück.

b. Röntgenologisch

Bei der Nachuntersuchung waren 50 der 96 Frakturen achsengerecht verheilt. In 46 Fällen bestanden noch mehr oder weniger starke Achsenfehlstellungen (Seitverschiebungen, Achsenknicke, Torsionsfehler). Im Folgenden soll das Verhalten primär verbliebener Dislokationen (Entlassungsbefund) im Laufe der Zeit bis zur Nachkontrolle im einzelnen untersucht werden.

Dislocatio ad latus

Tab. 5 Seitverschiebung bei Entlassung und Nachuntersuchung

Seitverschiebung bei Entlassung		Seitverschiebung bei Nachuntersuchung		
	Fallzahl	keine	< Schaftbr.	Schaftbreite
in Frontalebene				
Schaftbreite	11	11	-	-
< Schaftbreite	48	47	1	-
in Sagittalebene				
Schaftbreite	29	22	5	2
< Schaftbreite	31	30	1	-
Summe	119	110	7	2

Bei Frakturheilung (Entlassungsbefund) primär verbliebene Seitverschiebungen (119 Fälle), in Frontal- wie in Sagittalebene, waren bis auf wenige Ausnahmen im Laufe der Zeit völlig ausgeglichen worden (110 Fälle). In 5 Fällen waren Seitverschiebungen um volle

Schaftbreite in Sagittalebene innerhalb von 2 - 4 Jahren nur vermindert worden auf 1/2 Schaftbreite. Unveränderte Seitverschiebungen fanden sich bei 2 Frakturen nach kurzem Beobachtungszeitraum von etwa 1 Jahr (2 Seitdislokationen um Schaftbreite in Sagittalebene) und bei 2 13-jährigen Kindern nach einem Zeitraum von 3 - 4 Jahren (1 Seitdislokation von weniger als Schaftbreite in Sagittal- und 1 Seitdislokation von weniger als Schaftbreite in Frontalebene).

Dislocatio ad axem

57 der 96 nachuntersuchten Oberschenkelchaftfrakturen waren primär (Entlassungsbefund) mit Achsenknicken von 5 - 25° verheilt. Es handelte sich um 30 Varus- und 9 Valgusfehlstellungen, 25 Ante- und 16 Rekurvationen. Bei der Nachuntersuchung war ein Teil der Winkel korrigiert. Es wurden nur noch 38 Frakturen mit Achsenknicken von 2 - 24° festgestellt. Es handelte sich um 16 Varus- und 7 Valgusknicke, 19 Ante- und 5 Rekurvationen. 2 Frakturen, deren Entlassungsröntgenogramme nicht zur Verfügung gestanden hatten, zeigten bei der Nachkontrolle Varusknick (11°) und Antekurvatur (12°) im einen, Antekurvatur (24°) im anderen Fall.

In Tabelle 6 werden die Nachuntersuchungsergebnisse primär verbliebener, verschieden starker Achsenknicke geprüft.

Tab. 6 Achsenknicke bei Entlassung und Nachuntersuchung

Winkel bei Entlassung	Achsenknick bei Nachuntersuchung									Summe
	ausgeglichen			vermindert			unverändert			
	E	B	Teil- χ^2	E	B	Teil- χ^2	E	B	Teil- χ^2	
5 - 10°	20,21	26	1,658	13,48	8	2,227	15,31	15	0,006	49
11 - 25°	12,79	7	2,620	8,52	14	3,524	9,69	10	2,009	31
Summe		33			22			25		80

$$\chi^2 = 10,044 \quad FG = 2 \quad p < 1\% \quad (9,210)$$

Das errechnete Gesamt- χ^2 (10,044) liegt über dem Tabellenwert für χ^2 (9,210) bei FG = 2 und p = 1%. Die Verteilung der Nachuntersuchungsergebnisse bei primär verschieden starken Achsenknicken ergab einen statistisch nachweisbaren signifikanten Unterschied. Das Ausmaß des primär verbliebenen Winkels war demnach von entscheidender Bedeutung für das Nachuntersuchungsergebnis. Gering-

gradige Abwinkelungen waren häufig vollständig ausgeglichen, stärkere Abweichungen jedoch meist nur vermindert worden. Das errechnete Gesamt- χ^2 setzte sich aus mehreren größeren Teil- χ^2 -Werten zusammen.

Von den 80 primär verbliebenen Achsenknicken waren bei der Nachuntersuchung 33 vollkommen ausgeglichen, 22 teilweise korrigiert worden. 25 Abwinkelungen bestanden unverändert.

Primär verbliebene Winkel bis 10° (49 Fälle) waren im Laufe der Zeit in über der Hälfte der Fälle (26) ganz ausgeglichen worden. Winkel von $11 - 25^\circ$ (31 Fälle) waren dagegen in nur wenigen Fällen (7) ganz korrigiert, in knapp der Hälfte der Fälle (14) jedoch vermindert worden. Das Ausmaß der Korrektur dieser Winkel lag zwischen 1° und 12° .

In der folgenden Tabelle (7) soll das Korrekturverhalten der Achsenknicke geprüft werden bei verschiedenen Zeiten der Nachuntersuchung (= Zeitintervall zwischen Unfall und Nachuntersuchung). Da das vorliegende Zahlenmaterial klein ist, beschränkt sich diese Untersuchung auf einen Vergleich zwischen den Zeitintervallen von 1 - 2 Jahren und 3 - 10 Jahren.

Tab. 7 Verteilung der Nachuntersuchungsergebnisse primär verbliebener Achsenknicke und Zeitpunkt der Nachuntersuchung (= Zeitintervall)

Zeit- intervall (in Jahren)	Achsenknick bei Nachuntersuchung									Summe
	ausgeglichen			vermindert			unverändert			
	E	B	Teil- χ^2	E	B	Teil- χ^2	E	B	Teil- χ^2	
1 - 2	11,55	4	4,805	7,70	7	0,006	8,75	17	7,778	28
3 - 10	21,45	29	2,587	14,30	15	0,003	16,25	8	4,118	52
Summe		33			22			25		80

$$\chi^2 = 19,367 \quad \text{FG} = 2 \quad p < 1\% \quad (9,210)$$

Das errechnete Gesamt- χ^2 (19,367) liegt über dem Tabellenwert für χ^2 (9,210) bei FG = 2 und p = 1%. Es setzte sich aus mehreren größeren Teil- χ^2 -Werten zusammen. Die Verteilung der Nachuntersuchungsergebnisse primär verbliebener Achsenknicke bei verschiedenen Zeitintervallen ergab einen statistisch nachweisbaren signifikanten Unterschied. Der Zeitpunkt der Nachuntersuchung war demnach von

entscheidender Bedeutung für das Nachuntersuchungsergebnis bei Achsenknicken: Nach kurzem Beobachtungszeitraum von 1 - 2 Jahren waren nur wenige der primär verbliebenen Winkelfehlstellungen ausgeglichen (4 von 28 Fällen). In den meisten Fällen bestanden dann noch unveränderte Winkel (17 Fälle). Nach einem längeren Zeitintervall (3 - 10 Jahre) waren die Achsenknicke dagegen häufig ausgeglichen (29 von 52 Fällen). Unveränderte Achsenknicke waren dann nur noch selten (8 Fälle).

Tab. 8 Verteilung der Nachuntersuchungsergebnisse primär verbliebener Achsenknicke und Unfallalter der Kinder

Unfallalter (in Jahren)	Achsenknick bei Nachuntersuchung									Summe
	ausgeglichen			vermindert			unverändert			
	E	B	Teil- χ^2	E	B	Teil- χ^2	E	B	Teil- χ^2	
bis 4	14,03	16	0,276	9,35	10	0,045	10,63	8	0,650	34
5 - 14	18,97	17	0,204	12,65	12	0,033	14,37	17	0,481	46
Summe		33			22			25		80

$$\chi^2 = 1,689 \quad FG = 2 \quad p > 5\% \quad (5,991)$$

Die Verteilung der Nachuntersuchungsergebnisse primär verbliebener Achsenknicke bei verschiedenem Unfallalter der Kinder ergab keinen statistisch nachweisbaren Unterschied. Von 34 primär verbliebenen Achsenknicken bei Kleinkindern (bis 4 Jahre) waren 16 bei der Nachuntersuchung ganz ausgeglichen, 10 Winkel waren nur teilweise korrigiert worden. Bei älteren Kindern (5 - 14 Jahre) verhielten sich die Winkel ähnlich: Von 46 primär verbliebenen Abwinkelungen waren 17 ganz ausgeglichen und 12 nur vermindert worden. Die übrigen Winkel bestanden unverändert in beiden Altersgruppen (8 bzw. 17 Fälle).

In der folgenden Tabelle (9) soll die Ausgleichsmöglichkeit der Achsenknicke untersucht werden bei verschiedener Lokalisation auf dem Femurschaft. Um eine für den statistischen Test ausreichende Felderbesetzung zu erreichen, wurden die bei der Nachuntersuchung nur verminderten Winkel mit den unveränderten Abwinkelungen zur Gruppe der nicht ausgeglichenen Achsenknicke zusammengefaßt und diese der Gruppe der völlig ausgeglichenen Achsenknicke gegenübergestellt (gleiches gilt für Tab. 10).

Tab. 9 Verteilung der Nachuntersuchungsergebnisse primär verbliebener Achsenknicke und ihre Lokalisation auf dem Femurschaft

Lokalisation des Achsenknickes	Achsenknick bei Nachuntersuchung						Summe
	ausgeglichen			nicht ausgeglichen			
	E	B	Teil- χ^2	E	B	Teil- χ^2	
prox. Schaft-1/3	7,01	8	0,139	9,99	9	0,098	17
med. Schaft-1/3	21,04	20	0,051	29,96	31	0,036	51
dist. Schaft-1/3	4,95	5	0,000	7,05	7	0,000	12
Summe		33			47		80

$$\chi^2 = 0,324 \quad FG = 2 \quad p > 5\% \quad (5,991)$$

Die Verteilung der Nachuntersuchungsergebnisse primär verbliebener Achsenknicke bei verschiedener Lokalisation auf dem Femurschaft ergab statistisch keinen nachweisbaren Unterschied. Ein spontaner Ausgleich der Achsenknicke war in jeweils weniger als der Hälfte der Fälle erfolgt, sowohl insgesamt (33 von 80 Fällen) als auch in allen Schaftbereichen (prox. 1/3: 8 von 17, med. 1/3: 20 von 51, dist. 1/3: 5 von 12 Fällen).

Tab. 10 Verteilung der Nachuntersuchungsergebnisse primär verbliebener Achsenknicke und Art der Abwinkelung

Art des primären Achsenknickes	Achsenknick bei Nachuntersuchung						Summe
	ausgeglichen			nicht ausgeglichen			
	E	B	Teil- χ^2	E	B	Teil- χ^2	
Varus	12,38	14	0,211	17,62	16	0,148	30
Valgus	3,71	2	0,788	5,29	7	0,552	9
Antekurvatur	10,31	6	1,802	14,69	19	1,264	25
Rekurvatur	6,60	11	2,933	9,40	5	2,059	16
Summe		33			47		80

$$\chi^2 = 9,757 \quad FG = 3 \quad p < 5\% \quad (7,815)$$

Die Verteilung der Nachuntersuchungsergebnisse primär verbliebener Achsenknicke bei verschiedenen Arten der Abwinkelung ergab einen statistisch nachweisbaren auffälligen Unterschied. Die Ausgleichstendenz der Rekurvatur war relativ gut: 11 von 16 Winkeln waren bei der Nachuntersuchung ausgeglichen. Diejenige der Antekurvatur

war dagegen schlecht: 19 von 25 primär verbliebenen Winkeln waren nicht ausgeglichen. Varusfehlstellungen waren in etwa der Hälfte der Fälle ausgeglichen (14 von 30 Winkeln). Von 9 primären Valgusfehlstellungen waren nur 2 korrigiert worden.

In Folgenden werden die Nachuntersuchungsergebnisse primär verbliebener Varus- und Valgusfehlstellungen, sowie Ante- und Rekurvationen im einzelnen erläutert.

Tab. 11 Nachuntersuchungsergebnisse primär verbliebener Varusfehlstellungen

Varus bei Entlassung	Varus bei Nachuntersuchung			Summe
	ausgeglichen	vermindert (Winkeldiff.in ^o)	unverändert	
5 - 10 ^o	11	2 (2 ^o , 3 ^o)	8	21
12 - 22 ^o	3	2 (3 ^o , 7 ^o)	4	9
Summe	14	4	12	30

Von 30 primär verbliebenen Varusfehlstellungen mit Winkeln von 5 - 22^o, waren 14 ausgeglichen (d.h. etwa die Hälfte der Fälle) und 12 unverändert. In 4 Fällen wurden um 2 - 7^o verminderte Winkel festgestellt. Es waren vornehmlich geringe Abwinkelungen von 5 - 10^o ausgeglichen (11 von 21 Fällen), weniger größere Winkel von 12 - 22^o (3 von 9 Fällen).

Tab. 12 Nachuntersuchungsergebnisse primär verbliebener Valgusfehlstellungen

Valgus bei Entlassung	Valgus bei Nachuntersuchung			Summe
	ausgeglichen	vermindert (Winkeldiff.in ^o)	unverändert	
5 - 10 ^o	2	2 (4 ^o , 5 ^o)	2	6
12 ^o	-	1 (6 ^o)	2	3
Summe	2	3	4	9

9 Frakturen waren primär mit einer Valgusfehlstellung von 5 - 12^o verheilt. Bei der Nachuntersuchung waren 2 Winkel (von 7^o und 10^o), d.h. weniger als 1/4 der Fälle, ausgeglichen. 4 Valgusknicke bestanden unverändert. 3 Winkel waren um 4 - 6^o verbessert worden.

Tab. 13 Nachuntersuchungsergebnisse primär verbliebener Rekurvationen

Rekurvation b. Entlassung	Rekurvation bei Nachuntersuchung			Summe
	ausgeglichen	vermindert (Winkeldiff. in °)	unverändert	
5 - 10°	8	2 (5°, 6°)	1	11
15 - 20°	3	2 (1°, 5°)	-	5
Summe	11	4	1	16

16 Frakturen waren primär mit einer Rekurvation von 5 - 20° verheilt. Bei der Nachuntersuchung waren 11 Winkel ausgeglichen und 4 um 1 - 6° verbessert. 1 Rekurvation von 5° bestand noch unverändert. In 3 Fällen waren Winkel von 15 - 20° ausgeglichen worden. Bei geringeren Winkeln (5 - 10°), wie bei größeren (15 - 20°), war ein Ausgleich der Rekurvation in den meisten Fällen erfolgt (8 von 11 bzw. 3 von 5 Fällen).

Tab. 14 Nachuntersuchungsergebnisse primär verbliebener Antekurvationen

Antekurvatur b. Entlassung	Antekurvatur bei Nachuntersuchung			Summe
	ausgeglichen	vermindert (Winkeldiff. in °)	unverändert	
5 - 10°	5	2 (3°, 4°)	4	11
11 - 25°	1	9 (2°-12°)	4	14
Summe	6	11	8	25

Von 25 primär verbliebenen Antekurvationen von 5 - 25° waren bei der Nachuntersuchung 6 Winkel normalisiert und 11 um 2 - 12° verbessert. 8 Winkel bestanden noch unverändert. Ein spontaner Ausgleich der Antekurvatur war fast nur bei Winkeln bis zu 10° erfolgt. Nur in einem Fall war eine Antekurvatur von 14° vollkommen ausgeglichen worden. Bei Winkeln zwischen 11 - 25° war meistens nur eine Verbesserung der Fehlstellung erfolgt (in 9 von 25 Fällen).

Dislocatio ad peripheriam

7 Frakturen waren primär mit einem Drehfehler verheilt. Die Kontrolle dieser Fehlstellung erfolgte bei der Nachuntersuchung mit Hilfe der Antetorsions-Aufnahme (Müller; Weber). Es zeigte

sich, daß keiner der Drehfehler im Laufe der Zeit spontan ausgeglichen worden war.

Bei allen 7 Patienten bestanden noch größere Differenzen der Antetorsionswinkel beider Seiten als von $2 - 3^{\circ}$, die nach Weber noch als physiologisch angesehen werden können. Bei 3 Patienten bestand eine vermehrte Antetorsion von $+6^{\circ}$, $+10^{\circ}$ und $+12^{\circ}$ auf der Frakturseite, bei 4 Patienten eine Winkeldifferenz im Sinne einer Retrotorsion von -6° , -14° , -15° und -17° auf der Frakturseite.

Die Torsionsfehler waren verblieben in 5 Fällen nach Heftpflasterextension, in 1 Fall nach Drahtextension und in 1 Fall nach Gipsfixation. Es handelte sich um 3 Quer- und 4 Torsionsfrakturen. Das Unfallalter der Kinder betrug 2 - 11 Jahre. Die Unfälle lagen 1 - 7 Jahre zurück.

Das Längenwachstum

Bei allen 93 nachuntersuchten Patienten wurde eine röntgenologische Längenvergleichsmessung beider Femora vorgenommen. Gegenüber der klinischen Beinlängenmessung hat diese Meßmethode den Vorteil größerer Genauigkeit. Einschränkend sei hinzugefügt, daß sich auch bei der röntgenologischen Längenvergleichsmessung Meßfehler ergeben, die ihrer Geringfügigkeit wegen zwar vernachlässigt werden können (Taillard; Flach, Geisbe, Fendel), aber dennoch erwähnt werden sollten. Es gehören hierzu einerseits der geringe, aber stets vorkommende Verzeichnungsfehler auf dem Röntgenogramm (vgl. S. 12), andererseits mögliche minimale Ungenauigkeiten beim Meßvorgang selbst. Eventuelle naturgegebene geringfügige Beinlängendifferenzen der Kinder vor der Verletzung (Trotter und Gleser, vgl. S. 73 - 74) können im Folgenden - da sie sich nachträglich einer Beurteilung entziehen - auch nicht berücksichtigt werden. Die Beurteilung von Längenwachstumsveränderungen auf der Frakturseite war nur bei 88 Patienten möglich, in 5 Fällen mußte dies entfallen: 3 Patienten hatten doppelseitige Femurschaftfrakturen erlitten (2 dieser Patienten wiesen bei der Nachkontrolle beiderseits gleich lange Femora auf, bei dem 3. Patienten bestand eine Längendifferenz beider Seiten von 0,9 cm); in 2 Fällen standen die Entlassungsront-

genogramme als Vergleichsbilder nicht zur Verfügung (einer dieser Patienten hatte bei der Nachuntersuchung gleich lange Femora beiderseits, im anderen Fall bestand eine Verkürzung auf der Frakturseite von 0,5 cm).

Als absolute (= effektive) Verlängerung (bzw. Verkürzung) wird im Folgenden die bei der Nachuntersuchung gemessene Längendifferenz des frakturierten Femurs im Vergleich zur Gegenseite bezeichnet. Das Gesamtmaß des veränderten Wachstums auf der Frakturseite, d.h. primäre Verkürzung + absolute Verlängerung (oder Verkürzung), wird relative Verlängerung (bzw. Verkürzung) genannt oder auch als effektive Wachstumszunahme bezeichnet (nach Flach, Geisbe, Fendel). Vorausgesetzt wurde, daß beide Femora vor dem Unfall gleich lang waren (Flach, Geisbe, Fendel).

Bei Entlassung hatten 36 der 88 Patienten beiderseits gleich lange Femora, bei den restlichen 52 Frakturen bestanden Verkürzungen von 0,5 - 3,0 cm.

Bei der Nachuntersuchung fanden sich gleich lange Femora in nur noch 15 Fällen (= 17% der Fälle). Bei den übrigen 73 Patienten (= 83%) bestanden Femurlängendifferenzen (Tab. 15, zur Meßgenauigkeit in dieser Tabelle wie in den folgenden Tabellen - Tab. 16 bis Tab. 21 - vgl. S. 35).

Tab. 15 Absolute Verlängerungen und Verkürzungen bei der Nachuntersuchung

Längendifferenz	Fallzahl	
	abs. Verlängerung	abs. Verkürzung
bis 0,5 cm	18	11
0,6 - 1,0 cm	16	11
1,1 - 1,5 cm	5	4
1,6 - 2,0 cm	6	1
2,3 cm	1	-
Summe	46	27

Bei 46 Patienten wurde eine absolute Verlängerung des ehemals frakturierten Femurs festgestellt. Sie war meistens gering (bis 0,5 cm: 18; 0,6 - 1,0 cm: 16 Fälle) und ging nur in einigen Fällen darüberhinaus bis 1,5 cm (5 Fälle) oder 2,0 cm (6 Fälle). In 1 Ausnahmefall wurden 2,3 cm gemessen. 27 Patienten wiesen eine absolute Verkürzung auf der Frakturseite auf. Diese war in den meisten Fällen gering (bis 0,5 cm: 11; 0,6 - 1,0 cm: 11 Fälle) und ging nur in einigen Fällen bis zu 1,5 cm (4 Fälle) bzw. 2,0 cm (1 Fall).

Die folgende Tabelle (16) vermittelt einen Überblick über die relative Verlängerung bzw. Verkürzung des Femurs nach konservativer und operativer Therapie bei 88 der 97 nachuntersuchten Patienten. Bei 5 Patienten konnte, wie schon erwähnt (vgl. S. 35 - 36), die Vergleichsmessung nicht vorgenommen werden.

Tab. 16 Relative Verlängerung bzw. Verkürzung des Femurs nach konservativer und operativer Therapie

Relat.Verläng. bzw. Verkürz.	Fallzahl		Summe
	konservat.Therapie	operative Therapie (Fallz.n.Marknagel.)	
bis -1,5 cm	4	-	4
keine	11	1	12
bis 0,5 cm	16	1	17
0,6 - 1,0 cm	22	-	22
1,1 - 1,5 cm	10	1	11
1,6 - 2,0 cm	7	6 (5)	13
2,1 - 2,5 cm	6	-	6
2,6 - 3,0 cm	3	-	3
Summe	79	9	88

Die Längenmessung bei der Nachkontrolle ergab bei insgesamt 72 von 88 Patienten (= 82% der Fälle) eine effektive Wachstumszunahme des ehemals verletzten Femurs mit Werten bis zu 3,0 cm. Die relative Verlängerung betrug in den meisten Fällen bis zu 2,0 cm (63 Fälle). Bei 9 Patienten wurden darüberhinausgehende Längen-

zunahmen beobachtet (2,1 - 2,0 cm: 6; 2,6 - 3,0 cm: 3 Fälle). Bei 12 Patienten (= 14% der Fälle) ließen sich keine Wachstumsveränderungen des Femurs feststellen. Bei 4 Patienten hatten sich relative Verkürzungen bis -1,5 cm eingestellt.

Nach Osteosynthese waren in 8 Fällen (darunter 5 Marknagelungen) Längenzunahmen bis 2 cm erfolgt. Nach konservativer Therapie wurden Längenzunahmen bis 2 cm in 55 Fällen beobachtet, in 9 Fällen jedoch darüberhinausgehende Verlängerungen bis zu 3,0 cm. Die effektive Wachstumszunahme nach operativer Therapie lag im Rahmen der Längenzunahmen, die sich auch nach konservativer Therapie einstellten.

In Tabelle 17 wird die relative Verlängerung dargestellt bei verschieden starker primärer Verkürzung. Die 4 Frakturen mit relativer Verkürzung bleiben unberücksichtigt. Es wurden folgende Gruppen gebildet:

für die primäre Verkürzung 1) keine; 2) 0,5 - 1,0 cm; 3) 1,5 - 3,0 cm
für die relative Verlängerung 1) keine oder nur geringe bis 0,5 cm =
keine/geringe bis 0,5 cm;
2) 0,6 - 1,5 cm; 3) 1,6 - 3,0 cm

Tab. 17 Relative Verlängerung und primäre Verkürzung

primäre Verkürzung	Relative Verlängerung			Summe
	keine/geringe bis 0,5 cm	0,6 - 1,5 cm	1,6 - 3,0 cm	
keine	17	10	7	34
0,5 - 1,0 cm	11	19	4	34
1,5 - 3,0 cm	1	4	11	16
Summe	29	33	22	84

Aufgrund der geringen Felderbesetzung der Tabelle konnte statistisch nicht geprüft werden, ob die primär belassene Verkürzung der Fraktur das vermehrte Längenwachstum des Femurs beeinflusste. Es ließ sich jedoch feststellen, daß bei primär unverkürzt verheilten Frakturen (34 Fälle) in der Hälfte der Fälle kein bzw. ein nur geringfügiges Mehrwachstum (17 Fälle) erfolgt war, verhältnismäßig selten aber ein starkes von 1,6 bis 3,0 cm (7 Fälle). Nach primär leichten Verkürzungen von 0,5 bis 1,0 cm (34 Fälle) bestanden dagegen in mehr

als der Hälfte der Fälle stärkere Längenzunahmen von 0,6 - 1,5 cm (19 Fälle), in geringerem Umfange jedoch keine bzw. nur geringfügige Verlängerungen (11 Fälle) und kaum starke Längenzunahmen von 1,6 - 3,0 cm (4 Fälle). Frakturen mit primär stärkeren Verkürzungen von 1,5 - 3,0 cm (16 Fälle) wiesen meistens starke Längenzunahmen von 1,6 - 3,0 cm auf (11 Fälle). Nur in einem Fall war hier keine wesentliche Wachstumssteigerung erfolgt.

In der folgenden Tabelle (18) soll die relative Verlängerung geprüft werden bei verschieden langer Dauer des Beobachtungszeitraumes (= Zeitintervall zwischen Unfall und Nachuntersuchung). Infolge des geringen Zahlenmaterials werden (wie in Tabelle 7) die Zeitintervalle von 1 - 2 Jahren und 3 - 10 Jahren verglichen.

Tab. 18 Relative Verlängerung und
Zeitpunkt der Nachuntersuchung (= Zeitintervall)

Zeit- intervall (in Jahren)	Relative Verlängerung									Summe
	keine/geringe bis 0,5 cm			0,6 - 1,5 cm			1,6 - 3,0 cm			
	E	B	Teil- χ^2	E	B	Teil- χ^2	E	B	Teil- χ^2	
1 - 2	7,25	9	0,422	8,25	11	0,916	5,50	1	5,500	21
3 - 10	21,75	20	0,140	24,75	22	0,305	16,50	21	1,833	63
Summe	29			33			22			84

$$\chi^2 = 9,116 \quad \text{FG} = 2 \quad p > 5\% \quad (9,210)$$

Die Verteilung der relativen Verlängerung bei verschiedenen Zeitintervallen der Nachuntersuchung ergab statistisch keinen nachweisbaren Unterschied. Nach kurzem Beobachtungszeitraum von 1 - 2 Jahren (21 Fälle) wie nach längerem Zeitintervall (3 - 10 Jahre: 63 Fälle) erfolgte eine effektive Wachstumszunahme ähnlichen Ausmaßes. Nach kurzem Beobachtungsintervall war ein stärkeres Mehrwachstum von 1,6 - 3,0 cm zwar selten (1 Fall). Nach längerem Zeitraum fanden sich derartige Längenzunahmen immerhin in 1/3 der Fälle (21 von 63 Fällen). Diese Unterschiede müssen jedoch aufgrund der statistischen Untersuchung als zufällig angesehen werden.

Tab. 19 Relative Verlängerung und Unfallalter der Kinder

Unfallalter (in Jahren)	Relative Verlängerung									Summe
	keine/geringe bis 0,5 cm			0,6 - 1,5 cm			1,6 - 3,0 cm			
	E	B	Teil- χ^2	E	B	Teil- χ^2	E	B	Teil- χ^2	
bis 4	11,74	12	0,005	13,36	14	0,030	8,90	8	0,091	34
5 - 14	17,26	17	0,003	19,64	19	0,020	13,10	14	0,061	50
Summe		29			33			22		84

$$\chi^2 = 0,210 \quad FG = 2 \quad p > 5\% \quad (9,210)$$

Die Verteilung der relativen Verlängerung bei verschiedenen Altersgruppen der Kinder ergab statistisch keinen nachweisbaren Unterschied. Bei Kleinkindern (bis 4 Jahre: 34 Fälle) war in 12 Fällen keine bzw. keine wesentliche effektive Wachstumszunahme des verletzten Femurs erfolgt. In kaum mehr oder weniger Fällen bestanden größere Verlängerungen (0,6 - 1,5 cm: 14; 1,6 - 3,0 cm: 8 Fälle). Auch bei den älteren Kindern (50 Fälle) hielt sich die Anzahl der Fälle in allen 3 Gruppen der relativen Verlängerung annähernd die Waage (17, 19 und 14 Fälle).

In Tabelle 20 wird die relative Verlängerung bei verschiedenen Frakturtypen untersucht. 1 Kompressionsfraktur wurde nicht berücksichtigt. Diese zeigte eine relative Verlängerung von 0,5 cm. Es verbleiben somit 83 Frakturen für den statistischen Test.

Tab. 20 Relative Verlängerung und Frakturtyp

Frakturtyp	Relative Verlängerung									Summe
	keine/geringe bis 0,5 cm			0,6 - 1,5 cm			1,6 - 3,0 cm			
	E	B	Teil- χ^2	E	B	Teil- χ^2	E	B	Teil- χ^2	
Querfraktur	12,15	12	0,001	14,31	12	0,372	9,54	12	0,634	36
Torsionsfrakt.	10,12	10	0,001	11,93	14	0,359	7,95	6	0,478	30
Schrägfraktur	5,73	6	0,012	6,76	7	0,008	4,51	4	0,005	17
Summe		28			33			22		83

$$\chi^2 = 1,870 \quad FG = 4 \quad p > 5\% \quad (9,488)$$

Die Verteilung der relativen Verlängerung bei verschiedenen Frakturtypen ergab statistisch keinen nachweisbaren Unterschied. Bei allen 3 Frakturtypen erfolgte eine effektive Wachstumszunahme ähnlichen Ausmaßes. Nach Quer- (36 Fälle), Torsions- (30 Fälle) und Schrägfrakturen (17 Fälle) bestand in jeweils etwa 1/3 der Fälle keine bzw. keine wesentliche Wachstumssteigerung (12 bzw. 10 bzw. 6 Fälle). In kaum mehr oder weniger Fällen kamen jeweils stärkere Längenzunahmen von 0,6 - 1,5 cm bzw. 1,6 - 3,0 cm vor.

In Tabelle 21 wird die relative Verlängerung bei verschiedener Frakturlokalisation untersucht. Es werden die epiphysennahen Frakturen (Frakturen des proximalen und distalen Schaftdrittels) den Frakturen des medialen Schaftdrittels gegenübergestellt.

Tab. 21 Relative Verlängerung und Frakturlokalisation

Frakt.lokalisat.	Relative Verlängerung									Summe
	keine/geringe bis 0,5 cm			0,6 - 1,5 cm			1,6 - 3,0 cm			
	E	B	Teil- χ^2	E	B	Teil- χ^2	E	B	Teil- χ^2	
epiph.nahe Frakt.	7,60	8	0,021	8,64	7	0,311	5,76	7	0,267	22
medial.Schaft-1/3	21,40	21	0,007	24,36	26	0,110	16,24	15	0,094	62
Summe		29			33			22		84

$$\chi^2 = 0,810 \quad \text{FG} = 2 \quad p > 5\% \quad (5,991)$$

Die Verteilung der relativen Verlängerung bei verschiedener Frakturlokalisation ergab statistisch keinen nachweisbaren Unterschied. Nach Frakturen im mittleren Schaftbereich (62 Fälle), wie nach Frakturen der Schaftenden (22 Fälle) erfolgte ein Mehrwachstum ähnlichen Ausmaßes. In den genannten Schaftbereichen bestand bei jeweils etwa 1/3 der Fälle keine bzw. keine wesentliche Längenzunahme (21 bzw. 8 Fälle). Stärkere relative Verlängerungen von 0,6 - 1,5 cm bzw. 1,6 - 3,0 cm erfolgten jeweils in kaum mehr oder weniger Fällen.

Die größte relative Verlängerung, die im vorliegenden Krankengut beobachtet wurde, betrug 3 cm. In diesem Falle handelte es sich um (R.K., 5 Jahre, KrbI.Nr. 10520) eine Schrägfraktur im proximalen Schaftbereich, die mit einer horizontalen Heftpflasterextension versorgt und 4-mal in Narkose wegen stärkerer Dislokationen repo-

niert worden war. Die Fraktur verheilte mit einer Verkürzung von 1,5 cm, geringer Seitverschiebung und einer Rekurvation von 15° . Bei der Nachuntersuchung nach 9 Jahren war der Achsenknick vollkommen ausgeglichen, es bestand eine absolute Verlängerung des Femurs von 1,5 cm.

Nach einer Osteomyelitis (Fallbeschreibung auf S. 25) bestand eine relative Verlängerung von nur 0,5 cm. 2 andere Patienten hatten als Komplikation im Heilverlauf jeweils 1 Refraktur erlitten. Bei der Nachuntersuchung konnte im einen Fall (Fallbeschreibung auf S. 24) keine Wachstumszunahme des frakturierten Femurs festgestellt werden, im anderen Fall (Fallbeschreibung auf S. 24) bestand eine relative und absolute Verlängerung von 1,9 cm.

G. DISKUSSION

I. Vorkommen und Formen kindlicher Femurschaftfrakturen

Unter den Knochenbrüchen im Kindesalter nehmen die Oberschenkel-schaftfrakturen nach übereinstimmender Ansicht im Schrifttum einen wesentlichen Raum ein (Grob; Ehalt; Matti; Krebs und Streicher). Etwa jede 5. kindliche Fraktur soll das Femur betreffen (Matzner; Drömer und Penndorf). In der Chirurgischen Universitätsklinik, Mainz, wurden innerhalb von 10 Jahren (1958 - 67) 113 Kinder mit 116 Femurschaftfrakturen behandelt.

Das Unfallalter der Patienten betrug einige Monate bis 14 Jahre. Jüngere Kinder, etwa bis zum 5. - 8. Lebensjahr, sollen häufiger von einer Femurschaftfraktur betroffen sein als ältere Kinder (Vontobel, Genton, Schmid; Schenk; Drömer und Penndorf; Trognon, Massy, Bouchez). Die Altersverteilung im eigenen Krankengut zeigte ähnliche Verhältnisse: Kinder bis zum 6. Lebensjahr erlitten wesentlich häufiger einen Schaftbruch als ältere (vgl. Tab. 1). Ursachen für diese Bevorzugung jüngerer Altersstufen werden in der vorliegenden Literatur nicht angegeben. Es wurde ihnen auch im eigenen Krankengut nicht weiter nachgegangen.

Die Untersuchung der Geschlechtsverteilung ergab gleichfalls einen statistisch nachweisbaren Unterschied (vgl. Tab. 2). Knaben (81 Fälle) waren wesentlich stärker vertreten als Mädchen (32 Fälle). Ähnliche Ergebnisse finden sich bei anderen Autoren. Stets überwiegen die Knaben (Barford und Christensen: 86 Knaben/ 28 Mädchen; Buck-Gramcko: 19/6; Keel: 53/29; Schwemmler: 40/18; Szentpétery und Papp: 104/36; Teutsch: 60/34). Als Ursache vermutet man den größeren Wagemut der Jungen und die ausgeprägtere Vorsicht bei Mädchen (Keel; Barford und Christensen).

Die Rechts - Links - Verteilung der Frakturen ließ statistisch keinen Unterschied erkennen (vgl. Tab. 3). Die vorhandenen Zahlen-differenzen (61 links- und 49 rechtsseitige Frakturen - abgesehen von 3 doppelseitigen Femurschaftbrüchen) müssen daher als zufällig angesehen werden. Nach Barford und Christensen ist die Seitverteilung paritätisch. Auch andere Untersucher fanden kaum unterschiedliche

Zahlenproportionen bei der Seitlokalisation (Buck-Gramcko: 14 links/ 11 rechts; Schwemmler: 33/26).

Unter den Unfallursachen standen im vorliegenden Krankengut die Verkehrsunfälle an der Spitze (46% der Fälle). Mit Abstand folgten häusliche (26%) und Spielunfälle (25%). Schenk kam in seiner Untersuchungsreihe bei Kindern bis zu 15 Jahren zu ähnlichen Ergebnissen: 40% Verkehrsunfälle, 29% Unfälle des täglichen Lebens und 28% Spiel- und Sportunfälle. Auch Haak weist ausdrücklich auf die besonders hohe Quote der Verkehrsunfälle bei Femurschaftfrakturen im Kindesalter hin.

Die zunehmende Verkehrsdichte in der heutigen Zeit und die damit verbundene außerordentliche Gefährdung der Kinder dürften als Erklärung dafür vermutet werden.

Andere Autoren fanden auffälligerweise einen niedrigeren Anteil an Verkehrsunfällen. So belief sich ihr Prozentsatz z.B. bei Drömer und Penndorf, die 71 Kinder bis zu 14 Jahren untersuchten, auf nur etwa 25% (ähnliche Angaben bei Teutsch). Eine Deutung dieser unterschiedlichen Befunde dürfte schwierig sein. Schwemmler erwähnt jedoch, daß das Einzugsgebiet einer Klinik (Stadt oder ländliche Gegend) bezüglich der zu beobachtenden Unfallursachen eine Rolle spielt.

Als Bruchformen bei kindlichen Oberschenkelchaftfrakturen werden in der Regel Quer-, Torsions- und Schrägfrakturen beobachtet (Ehalt; Matzner; Schwemmler; Buck-Gramcko; Keel; Szentpétery und Papp; Schenk; Trognon, Massy, Bouchez).

Dem Unfallmechanismus nach lassen sie sich zurückführen auf direkte oder indirekte Gewalteinwirkung (Matzner). Querfrakturen entstehen vorwiegend durch direktes Trauma, etwa durch Überfahrenwerden, Fall gegen eine Kante oder Schlag. Torsions- oder Schrägfrakturen sind eher Folge eines indirekten Traumas. So wird etwa beim Sturz die flektierende Gewalt des Rumpfes bei fixiertem Fuß übertragen auf den Femurschaft (Matti; Blount; Lentz; Matzner).

Im eigenen Krankengut wurden Querfrakturen in 45,7%, Torsions-

frakturen in 33,6% und Schrägfrakturen in 19,8% der Fälle beobachtet. Daum, Metzger, Kürschner und Hecker fanden eine ähnliche prozentuale Verteilung bei 119 kindlichen Femurschaftbrüchen: Querfrakturen in 43,4%, Torsionsfrakturen in 38,5% und Schrägfrakturen in 17,2% der Fälle.

Stück- und Splitterbrüche sollen bei Kindern infolge der geringeren Sprödigkeit und größeren Elastizität des Knochens weniger häufig sein (Matzner, Blount). Daum, Metzger, Kürschner und Hecker fanden sie in 0,9% der Fälle (ähnliche Angaben bei Keel: 2 Fälle unter 84 Frakturen; Schenk: 5 unter 152; Trognon, Massy, Bouchez: 2 unter 67). Andere Untersucher beobachteten sie nicht bei Kindern (Schwemmle; Buck-Gramcko; Szentpétery und Papp). Auch im eigenen Krankengut kamen sie nicht vor.

Als typische, wenn auch seltene Bruchform im Kindesalter gilt die Kompressionsfraktur (Grob; Ehalt). Infolge axialer Druckeinwirkung kommt es zur Einstauchung der Rindenschicht. Deren Spongiosabälkchen und Knochenlamellen schieben sich dabei in- und übereinander. Nach Grob entsteht dieser Bruchtyp nur bei noch dünner Corticalis. Bei älteren Kindern finde er sich deshalb vorwiegend in der Metaphyse, bei Säuglingen aber auch im Bereich der Femurdiaphyse. Im eigenen Krankengut wurde unter 116 Frakturen 1 Kompressionsfraktur beobachtet, und zwar bei einem 9 Monate alten Kind, das von der Couch gefallen war. Der Bruch befand sich an typischer Stelle im distalen Schaftbereich.

Der Lokalisation nach lag der größte Teil der Frakturen im medialen Femurschaftdrittel (72% der Fälle). An zweithäufigster Stelle folgten die Frakturen des proximalen (17%) und an letzter Stelle die Frakturen des distalen Schaftdrittels (11%). Eine ähnliche Verteilung wird von Blount (mediales $1/3$: 70%, proximales $1/3$: 18%, distales $1/3$: 12%) und anderen Autoren angegeben (Teutsch: med. $1/3$: 68%, prox. $1/3$: 17%, dist. $1/3$: 15%; Drömer und Penndorf: 69%, 25%, 6%; Keel: 80%, 13%, 7%; entsprechende Ergebnisse bei: Vontobel, Genton, Schmid; Daum, Metzger, Kürschner, Hecker; Buck-Gramcko; Neer und Cadman; Schwemmle; Szentpétery und Papp; Trognon, Massy, Bouchez).

Abgesehen von nur wenigen Ausnahmen kamen im vorliegenden Krankengut in der Regel mehr oder weniger dislozierte Frakturen zur Aufnahme (7 nicht dislozierte/106 dislozierte Frakturen). Ähnliche Angaben finden sich auch bei anderen Autoren (Neer und Cadman: 13 nicht/84 dislozierte Brüche; Szentpétery und Papp: 16/124; Schenk: 3/152).

Die im Schrifttum erwähnten, typischen Dislokationsbilder in einzelnen Schaftbereichen (s.S. 2-4) - wie Varusknick, Antekurvations- und Rotation bei Frakturen im proximalen Schaftdrittel, sowie Rekurvation im distalen Schaftbereich (Böhler; Grob; Ehalt; Matti; Matzner; Lentz; Liszauer und Gara) - fanden sich auch im eigenen Krankengut, besonders ausgeprägt aber nur bei Frakturen im proximalen Schaftbereich (17 von 20 Frakturen), weniger im distalen Schaftbereich (5 von 13 Frakturen).

Komplikationen, die bei Frakturen im distalen Schaftbereich als typisch angesehen werden, wie Anspießung oder Quetschung der Femoralgefäße und -nerven infolge Abknickung des distalen Bruchstückes nach dorsal (Gastrocnemiuszug) oder Anspießung des oberen Recessus mit der Folge eines erheblichen Blutergusses im Kniegelenk (Lentz), wurden im eigenen Krankengut nicht beobachtet. In der vorliegenden Literatur beschreiben lediglich Trognon, Massy und Bouchez einen Fall von Hämarthros bei einer kindlichen Femurschaftfraktur im unteren Diaphysenbereich.

Offene Oberschenkelchaftfrakturen kommen nach Ehalt in der Regel durch direkte Gewalteinwirkung zustande, nach Blount vor allem durch Verkehrsunfälle. Im eigenen Krankengut fanden sich 3 offene Frakturen: 2 Verkehrsunfälle und 1 Sturz vom Baum (Fallbeschreibungen auf S. 21). Auch andere Untersucher beobachteten diese Komplikation nur selten (Trognon, Massy, Bouchez: unter 67 kindlichen Femurschaftfrakturen 2 offene Brüche, davon 1 Schußverletzung; Buck-Gramcko: unter 25 Frakturen 1 offene). Das starke Muskelpolster am Oberschenkel soll diese Komplikation bei Schaftbrüchen weitgehend verhindern (Ehalt; Matzner; Lentz).

II. Therapie

Zur Behandlung der Femurschaftfrakturen im Kindesalter werden konservative und operative Methoden empfohlen. Ein allgemein anerkanntes Behandlungsschema existiert hingegen nicht. Einige Therapeuten lehnen ein operatives Vorgehen grundsätzlich ab (Böhler; Blount; Barford und Christensen; Buck-Gramcko), andere räumen der Osteosynthese, in der Regel der Marknagelung, einen gewissen Raum ein (Matzner; Lambrecht; Rehbein und Hofmann; Müller, Allgöwer, Willenegger).

Im vorliegenden Krankengut war vorwiegend eine konservative Therapie durchgeführt worden, größtenteils die Heftpflasterextension (75 Fälle) oder Bohrdrahtextension (20 Fälle), manchmal auch eine einfache Gipsfixation (7 Fälle). Bei einigen Frakturen erfolgte die Osteosynthese, u.a. die Marknagelung (8 Fälle) und die Cerclage (4 Fälle).

Von den konservativen Behandlungsverfahren wird i.a. die Dauerzugsbehandlung bevorzugt, in Form der Haut- (z.B. Heftpflaster) oder Knochenextension (z.B. Bohrdraht).

Für junge Kinder bis etwa zum 4., 6. Lebensjahr wird häufig die Vertikalextension nach Schede empfohlen (Böhler; Matzner; Blount; Watson-Jones; Grob; Lentz; Haak; Drömer und Penndorf; Lambrecht; Schenk; Muller, Fontaine, Fontaine; Szentpétery und Papp; Buck-Gramcko; Krebs und Streicher; Hildebrandt; Büttner; Reding; Richard). Der begrenzende Faktor dieser Methode liegt in der mit dem Alter zunehmenden Muskelkraft, die sich schließlich dem Ausgleich der Dislokationen unüberwindlich entgegenstemmt (de Groote; Liszauer und Gara). Daher kann es nach de Groote und Schenk keine feste Altersgrenze für dieses Verfahren geben. Ein junges, aber außergewöhnlich kräftiges Kind dürfe z.B. nicht mehr auf diese Weise behandelt werden, ein älteres, aber schwächtiges Kind dagegen doch noch. Die Angaben bezüglich der oberen Altersgrenze für diese Methode schwanken dementsprechend zwischen 2 (Ehalt) und 10 Jahren (Trognon, Massy, Bouchez). Im eigenen Krankengut wurde die vertikale Extension bei Kindern bis zum 6. Lebensjahr einschließlich angewandt (17 Frakturen).

Als Vorteil der Vertikalextension gilt vor allem die Erleichterung der Pflege bei Kleinkindern (de Groote, Matzner, Schwemmle). Trotz der offenbar akrobatischen Lage werde diese Extensionsanordnung von den Kindern gut vertragen und nicht als unangenehm empfunden (Krebs und Streicher).

Bezüglich ihrer Wirksamkeit bei Dislokationen wird betont, daß sich Seitverschiebungen und Verkürzungen i.a. gut beeinflussen lassen (de Groote, Lambrecht). Die Korrektur von Achsenknicken und Torsionsfehlern gestalte sich dagegen schwieriger (Matzner; Liszauer und Gara; Krebs und Streicher). Einseitiger Zug am Becken verursacht nach de Groote u.U. sogar Abwinkelung der Fragmente. Schweiberer, Hofmeier und Faust beobachteten in ihrer Untersuchungsreihe (27 kindliche Femurschaftbrüche) einen Drehfehler nach einseitiger Vertikalextension. Sie sind der Ansicht, daß sich die Gefahr dieser Fehlstellung vermindern lasse durch Hinaufführen des Extensionsverbandes über das Gesäß bis zum Beckenkamm. Andere Autoren empfehlen zur Vermeidung dieser Fehlstellung die symmetrische, doppelseitige Vertikalextension nach Bryant (Blount, Liszauer und Gara; Hildebrandt; Schwemmle; de Groote). Im vorliegenden Krankengut war in 8 Fällen eine einseitige und in weiteren 8 Fällen eine doppelseitige vertikale Heftpflasterextension angelegt worden (ein Kind darunter hatte eine doppelseitige Femurschaftfraktur). Bei allen dislozierten Frakturen war im Laufe der Behandlung eine Verbesserung der Fragmentstellung erfolgt. Die Brüche verheilten vorwiegend in guter, in einigen Fällen sogar in anatomisch exakter Stellung (s.S. 18). Lediglich in 2 Fällen waren stärkere Achsenknicke von 20-25° verblieben und in 1 Fall eine Verkürzung von 2 cm. Torsionsfehler bestanden bei Abschluß der Behandlung bei keinem dieser Patienten.

Auch andere Autoren setzen sich für die vertikale Heftpflasterextension ein (Matzner; Grob; de Groote; Buck-Gramcko; Haak; Krebs und Streicher; Lambrecht; Müller, Fontaine, Fontaine; Trognon, Massy, Bouchez; Schenk). Blount verwendet vorzugsweise mit Mastisol aufgeklebte Flanellstreifen (ebenso Drömer und Pennforf; Szentpétery und Papp). Böhler und Lentz empfehlen außerdem die Zinkleimextension.

Als mögliche nachteilige Folgen der Heftpflasterextension werden Hautschäden erwähnt, z.B. Hautaffektionen durch übermäßigen Zug oder durch Heftpflasterunverträglichkeit (Blount; de Groote; Schwemme; Haak; Neer und Cadman; Trognon, Massy, Bouchez). Selbst schwere Hautinfekte und nässende Ekzeme sollen vorkommen (Richard). Schenk beobachtete unter 107 kindlichen Femurschaftfrakturen, die mit einer vertikalen Heftpflasterextension behandelt wurden, in 12 Fällen leichte (Rötung, Reizung), in 3 Fällen stärkere und in 2 Fällen so schwere Hautschädigungen, daß der Heftpflasterverband entfernt und durch eine Drahtextension ersetzt werden mußte. Heftpflaster- und Flanellstreifen können u.U. auch abrutschen und Drucknekrosen vor allem im Fersenbereich verursachen (Blount; Haak; de Groote; Szentpétery und Papp). Nach Schüttemeyer und Flach sind diese Zwischenfälle häufig und kaum zu vermeiden. Schenk beobachtete sie dagegen nur bei 8 von 107 Fällen seiner Untersuchungsreihe. Im eigenen Krankengut kamen Hautschäden nach vertikaler Heftpflasterextension bei 3 von 16 Kindern vor. In einem Fall wurde nach Abnahme des Verbandes eine ausgedehnte Hautmaceration festgestellt. Bei 2 anderen Kindern bestanden größere Decubitaldefekte. In einem dieser Fälle wurde deswegen die Extension vorzeitig entfernt und durch einen Gipsverband ersetzt.

Im Schrifttum wird eindringlich auf eine weitere, außerordentlich schwerwiegende Komplikation der vertikalen Heftpflasterextension hingewiesen: die Ischämie des Beines und ihre gefährlichen Folgen, wie ischämische Nekrose und Gangrän (Blount; Ehalt; Drömer und Penndorf; Ferguson; de Groote; Muller, Fontaine, Fontaine). Als Ursache werden vor allem fest schnürende Bidentouren verantwortlich gemacht (Blount; Ehalt). Im eigenen Krankengut kam diese Komplikation nicht vor. Blount beschreibt einen Fall von ischämischer Nekrose nach vertikaler Heftpflasterextension, bei dem mit Gips- und Schienenbehandlung eine Deformierung des Fußes zwar behoben und die Funktion fast wiederhergestellt werden konnte, betont jedoch, daß die Behandlung dieser Komplikation nicht immer so gut ausläuft. Hautzustand und Durchblutungsverhältnisse sollten daher bei der vertikalen Hautextension stets besonders beachtet werden (Blount; de Groote).

Lange warnt besonders vor der Suspension des gesamten Beines in der Längsrichtung. Besser sei die Extension des Oberschenkels allein in der Vertikalebene und die Lagerung des Unterschenkels, bei rechtwinklig gebeugtem Knie, in einer Schlinge.

Angesichts der bei Hautextension möglichen gravierenden Komplikationen (ischämische Schädigungen, Hautschäden) bevorzugt Ehalt die Vertikalsuspension mit einem Fersenbeindraht. Auch Schwemme verwendet den Fersenbeindraht, aber doppelseitig und kombiniert mit einem beiderseitigen Unterschenkelgins, der Extensionsdraht und Bügel umfaßt. Diese Fixation verhindere Wackelbewegungen, Bohrlochinfektionen und Durchschneiden des Drahtes. Andere Therapeuten legen den Extensionsdraht durch die untere Tibia (Hildebrandt; Szentpétery und Papp).

Die vertikale Drahtextension wird auch insofern als vorteilhafter betrachtet, als eine bessere Einwirkung und Abmessung der Zugkraft bei Dislokationen möglich sei (Szentpétery und Papp; Richard). Nach Richard lassen sich Achsenknicke bei Frakturen im distalen Schaftbereich besonders gut beeinflussen, wenn der Kirschner-Draht bei Antekurvationen etwas unterhalb der Längsmittellinie des distalen Fragmentes, bei Rekurvationen (Gastrocnemiuszug) etwas oberhalb der Längsmittellinie durch die Diaphyse gelegt wird. Aufgrund des Hebelgesetzes lasse sich bei dieser Anordnung das distale Bruchstück ohne weiteres in die anatomisch richtige Lage bringen.

Von anderer Seite werden allerdings Bedenken gegen die vertikale Drahtextension vorgebracht. Danach soll der junge Knochen, infolge seiner weicheren Konsistenz, einen Draht schlecht vertragen (de Groote; Lentz).

Teutsch und Ferguson lehnen jegliche Form der Vertikalextension ab, vornehmlich wegen der Gefahr ischämischer Schädigungen, aber auch wegen der Schwierigkeit einer richtigen Torsionseinstellung. Bei jüngeren Kindern sei vielmehr geschlossene Reposition und Beckengips die Therapie der Wahl.

Nach Ehalt sollte die Extension bei kleinen Kindern auf 3 - 4 Wochen ausgedehnt und dann das Bein freigelassen werden. Matzner

empfiehlt nach jener Zeit eine weitere Ruhigstellung im Beckenbeingips (ähnlich verfahren Buck-Gramcko; Trognon, Massy, Bouchez). Auch im vorliegenden Krankengut betrug die Extensionsdauer bei Vertikalsuspension i.a. 3 - 4 Wochen. Bei der Hälfte der so behandelten Frakturen wurde anschließend bis zur vollständigen Konsolidation noch ein Gips (meistens ein Beckengips) angelegt. De Groote entfernt die vertikale Hautextension schon nach 2 Wochen und fixiert weiter im Beckengips, um die Haut zu schonen.

Die horizontale Heftpflasterextension wurde im vorliegenden Krankengut auch bei älteren Kindern angewandt (58 Frakturen bei Kindern bis zum 11. Lebensjahr einschließlich). Blount wählt diese Extensionsanordnung (= Russel-Extension) bei über 5-6-jährigen Kindern als Standardtherapie, verwendet aber vorzugsweise, wie bei der Vertikal-Extension, mit Mastisol aufgeklebte Flanellstreifen. Auch andere Therapeuten empfehlen für ältere Kinder den Hautstreckverband, leiten diesen aber wie beim Erwachsenen über eine Braun'sche Schiene (Lentz; Lange).

Nach Keel liegt der Vorteil der Hautextension nicht nur in der Einfachheit ihrer Handhabung, sondern auch in der Gefahrlosigkeit der Behandlung, da keine Wunde, wie etwa bei der Drahtextension, gesetzt werden muß.

Blount betont indessen, daß auch die Russel-Extension ähnliche Gefahren in sich birgt, wie die vertikale Hautextension (ischämische Schädigungen des Beines, Hautschäden, s.S. 49), aber in geringerem Maße als diese. Daum, Metzger, Kürschner und Hecker beobachteten unter 160 kindlichen Femurschaftbrüchen nach horizontaler Heftpflasterextension 11-mal Hautalterationen, die zur Abnahme der Extension zwangen. Im eigenen Krankengut wurden unter 58 Fällen 2 leichte Hautreizungen beobachtet und in 1 Fall Drucknekrosen über dem dorsalen Fußgelenk. Bei einem anderen Patienten entwickelten sich, allerdings nach einer sonst nicht üblichen Tubegauze-Extension, tiefe Kolliquationsnekrosen infolge des in dieser Extensionsvorrichtung enthaltenen Metallringes. Sie konnten mit einer Thiersch-Plastik erfolgreich gedeckt werden und heilten langsam ab (s.S. 20). Szentpétery und Papp sahen nach Zinkleim-

Extension in Semiflexionslage häufig Lockerung des Verbandes und in der Folge Decubitus. Sie verwenden deswegen jetzt die Drahtextension.

Auch andere Autoren geben bei älteren Kindern der Drahtextension gegenüber dem herkömmlichen Hautstreckverband, seiner genannten Nachteile wegen, den Vorzug (Ehalt; Matzner; Böhler; de Groote; Teutsch; Drömer und Penndorf; Büttner; Haak; Reding; Krebs und Streicher; Lambrecht; Liszauer und Gara; Muller, Fontaine, Fontaine; Schenk; Trognon, Massy, Bouchez; Schüttemeyer und Flach; Neer und Cadman).

Als Schwierigkeit beider Extensionsverfahren - der Heftpflaster- wie der Drahtextension - wird angesehen, eine geringe Verkürzung beizubehalten, eine gerade Achse zu erzielen und einen Torsionsfehler zu vermeiden (Rehbein und Hofmann; Reding). Der allgemeinen Erfahrung nach führen beide Behandlungsmethoden selten zu einer anatomisch exakten Reposition (Vontobel, Genton, Schmid; Trognon, Massy, Bouchez; Daum, Metzger, Kürschner, Hecker). Die Wirksamkeit beider Extensionsverfahren wird dennoch verschieden beurteilt. Nach Blount ist mit der Hautextension stets eine gute Frakturstellung zu erreichen und zu halten. Andererseits wird die Ansicht vertreten, daß die Drahtextension, wie schon bei der Vertikal-extension erwähnt (s.S. 50) wurde, durch direkten Angriff am Knochen, Dislokationen nachhaltiger beeinflussen könne. Außerdem sei das Extensionsgewicht feiner dosierbar. Im Endeffekt sei daher mit der Drahtextension eine bessere Frakturstellung zu erzielen (Lambrecht; Szentpétery und Papp). Blount sieht dagegen ihre Indikation begrenzt auf veraltete, stark verkürzte Frakturen oder offene Brüche mit ausgedehnten Weichteilschädigungen (ähnlich Keel).

Im eigenen Krankengut verheilte die Mehrzahl der Frakturen nach Heftpflaster- wie nach Drahtextension in guter Stellung. Nach Heftpflasterextension waren einige Frakturen sogar in anatomisch exakter Stellung konsolidiert. Ein schlechter Fragmentstand bei Entlassung fand sich noch bei etwa $\frac{1}{3}$ der Fälle, sowohl nach Heftpflaster- (16 von 57 Frakturen) als auch nach Drahtextension (6 von 20 Frakturen). An gröberen Dislokationen nach horizontaler Heft-

pflasterextension waren Achsenknicke von 18 - 30° (4 Fälle), Torsionsfehler (5 Fälle) und Verkürzungen von 2 - 3 cm (7 Fälle) verblieben. Nach Drahtextension bestanden noch 1 Achsenknick von 16°, 1 Torsionsfehler und Verkürzungen von 2 - 3 cm (4 Fälle).

Ehalt hält entgegen der üblichen Ansicht eine Nagel-Extension (mit dünnerem Steinmann-Nagel) bei Kindern für geeigneter als eine Bohrdrahtextension. Im vorliegenden Krankengut wurde nur der Kirschner-Draht verwandt, und zwar bei Kindern im Alter zwischen 4 - 14 Jahren.

Draht oder Nagel werden vorzugsweise durch das obere Tibia-Ende gelegt und nur in Ausnahmefällen, z.B. bei ausgedehnten Verletzungen des Unterschenkels, durch das untere Femurende (Ehalt; Blount; de Groote; Lange; Teutsch; Buck-Gramcko; Drömer und Penndorf; Krebs und Streicher; Lambrecht; Liszauer und Gara; Schenk; Schüttemeyer und Flach). Auch im eigenen Krankengut war der Draht i.a. durch die obere Tibia geführt worden (19 Fälle), nur bei 1 Fraktur durch das untere Femurende (Schrägfraktur im medialen Schaftbereich bei einem 11-jährigen Patienten). Haak befürwortet dagegen generell eine Drahtextension cranial der Oberschenkelcondylen. Sie ermögliche eine exakte Einwirkung der Zugkraft auf das distale Fragment. Außerdem entfalle die unnötige Beanspruchung des Kniegelenk-Bandapparates.

Auch die Drahtextension hat ihre Risiken. Bei nicht exakt sterilen Bedingungen kann es an den Drahtaustrittsstellen zu sogenannten Bohrlochinfektionen kommen, weiterhin zu Weichteilabszessen, Ostitis und Osteomyelitis (Matzner; Matti; Drömer und Penndorf; Keel). Hildebrandt beobachtete unter 51 mit Drahtextension behandelten kindlichen Femurschaftfrakturen 6 Subcutaneiterungen und 1 Bohrlochosteomyelitis. Schenk sah unter 40 kindlichen Frakturen 6 leichte, 2 mittelschwere und 2 schwere Drahtinfekte. Auch Daum, Metzger, Kürschner und Hecker berichten von 7 Drahtinfektionen bei 19 Kindern. In 5 Fällen habe die Infektion durch Antibioticaverabreichung beherrscht werden können, in 2 Fällen sei dagegen eine operative Entfernung eines Knochensequesters erforderlich gewesen. Im eigenen Krankengut kamen derartige Komplikationen nicht vor. Szentpétery und Papp pinseln die Umgebung des Drahtes vorsorglich mit Solutio Castellani und tauschen ein zwischen Drahthalterung und Haut liegendes steriles Blatt des öfteren aus. Unter ihren 18 auf diese Weise

behandelten Fällen seien keine Infektionen aufgetreten.

Außer der Infektionsgefahr besteht die Möglichkeit des Ausreißen oder Durchschneidens des Drahtes, u.U. mit der Folge schwerer Epiphysen- und späterer Wachstumsstörungen (Hildebrandt; Lambrecht; Ehalt; Blount; Haak). Titze demonstriert diese Gefahren eingehend bei 4 Patienten mit Störungen des Epiphysenwachstums oder der Kniegelenksfunktion nach Draht- bzw. Nagelextension. Drömer und Penndorf erwähnen unter 22 Drahtextensionen 3 Fälle, bei denen der Draht ausriß und eine Heftpflasterextension angelegt werden mußte. Im eigenen Krankengut wurden ähnliche Komplikationen nicht beobachtet.

Epiphysenschädigungen lassen sich der allgemeinen Ansicht nach vermeiden durch eine richtige Lagerung des Drahtes (Ehalt; Haak; Hildebrandt). Dieser sollte bei Kindern wegen des Verlaufes der Wachstumsfugen am Schienbeinkopf etwa 6 - 7 cm unterhalb des Kniegelenkspaltes durch die Mitte des Knochens gelegt werden, also weiter distal und dorsal als beim Erwachsenen. Entsprechend sollte er am unteren Oberschenkelende etwa 5 - 6 cm oberhalb des Kniegelenkspaltes verlaufen (Titze).

Gegen die Infektionsgefahr und das Ausreißen des Drahtes bewährt sich einigen Autoren zufolge die Kombination von Drahtextension und Gipsfixation. Drömer und Penndorf legen z.B. gleichzeitig einen Beckengips an. Blount bevorzugt einen Unterschenkelgips mit Einbettung der Drahtansatzstelle (ebenso Ferguson).

Die Zeitangaben bezüglich der Extensionsdauer bei Heftpflaster- oder Drahtextension schwanken zwischen 2 - 5 Wochen. Im eigenen Krankengut war die Heftpflasterextension i.a. 1 - 6 Wochen, die Drahtextension 1 - 4 Wochen belassen worden. Nach einer Dauerzugbehandlung von 1 - 2 Wochen wurde stets, nach längerer Extensionszeit nur noch in Einzelfällen, eine Gipsfixation angeschlossen. Ehalt empfiehlt nach 3 - 4-wöchiger Extension bei älteren Kindern eine weitere Fixation im Beckenbeingips (ähnlich de Groote; Muller, Fontaine, Fontaine). Lentz verordnet nach einer Extensionszeit von 3 - 5 Wochen nur noch Bettruhe.

Die einfache Gipsfixation wurde im eigenen Krankengut nur bei 7 Femurschaftfrakturen durchgeführt. 2 leicht dislozierte Brüche wurden lediglich mit einem Oberschenkelleggips behandelt. Beide verheilten in anatomisch einwandfreier Stellung. Die übrigen, dislozierten Frakturen wurden nach meist konservativer Reposition im Beckengips fixiert. Sie verheilten vorwiegend mit guter, in 1 Fall mit schlechter Fragmentstellung.

Als Vorteil der Gipsfixation wird die zuverlässige Immobilisierung der verletzten Extremität angesehen, als Nachteil die ungenügend dauerhafte Fixation der Fragmente (Blount; de Groote; Schüttemeyer und Flach; Hildebrandt). Nach Reposition und gutem Frakturstand können erneut Dislokationen auftreten, insbesondere Abwinkelungen (Blount), da die Bruchenden weiterhin ungehindert dem oft beachtlichen Zug der ansetzenden Muskeln ausgesetzt sind (de Groote). Dies ließ sich im eigenen Krankengut bei den mit bloßem Beckengips behandelten Frakturen (5 Fälle) häufig beobachten. Abgesehen von 1 Ausnahme traten in allen diesen Fällen während der Gipsfixation erneut Achsenknicke von $10 - 15^{\circ}$ auf (3 Fälle), bzw. 1 schon bestehender verstärkte sich von 10 auf 20° im Laufe der Behandlung. Trognon, Massy und Bouchez fanden dagegen in ihrer Untersuchungsserie bei 5 mit Beckengips behandelten Frakturen keine Verschlechterung der Fragmentstellung während der Fixationszeit.

Druckschädigungen oder Durchblutungsstörungen des Beines infolge des Gipsverbandes, die nach Blount bei unsachgemäßer Technik auftreten können, wurden im eigenen Krankengut nicht beobachtet.

Die einfache Gipsfixation, insbesondere der Beckengips, wird i. a. nur noch beschränkt zur Behandlung der Femurschaftbrüche bei Kindern empfohlen. Eine Anwendung wird eingeräumt bei nicht dislozierten Femurdiaphysenbrüchen (de Groote; Trognon, Massy, Bouchez), ferner bei Querfrakturen im distalen Schaftdrittel, die keine Seitverschiebung zeigen und bei Kompressionsfrakturen (Ehalt).

Einige Autoren setzen sich indessen für eine weitgehende Anwendung der Gipsfixation bei kindlichen Oberschenkelchaftfrakturen ein. So empfiehlt Teutsch den Beckengipsverband bei Kindern unter 10 Jahren als Standardtherapie (ähnlich Ferguson; Neer und Cadman).

Die Bedenken anderer Therapeuten gegen die Gipsbehandlung (mangelhafte Fixation der Fragmente) teile er nicht. 45 Femurschaftfrakturen bei Kindern seines Krankengutes seien auf diese Weise erfolgreich behandelt worden. Als Argumente gegen die Extensionsbehandlung werden ferner die bekannten möglichen Komplikationen (ischämische Schädigungen, Hautschäden) angeführt (Teutsch; Ferguson). Außerdem sei bei der Gipsbehandlung der Krankenhausaufenthalt kürzer, da die Kinder schneller mit dem Gips entlassen werden könnten, und schließlich der Aufwand an Kontrollen geringer (Strahlenbelastung; Neer und Cadman).

Böhler verwendet bei Säuglingen und Kleinkindern auch eine Gips-hose bei rechtwinkelig gebeugten Hüft- und Kniegelenken, die beide Beine mit Ausnahme des Fußes einschließt. Diese Fixationsmethode gestalte die Pflege, ferner das Sitzen und Liegen der Kinder bequem.

Die Anwendung der operativen Therapie bei Femurschaftfrakturen im Kindesalter wird, wie schon erwähnt, im Schrifttum unterschiedlich beurteilt. Es besteht indessen Einigkeit darin, daß die Osteosynthese mit Cerclage und Lane'scher Platte heute als Behandlungsverfahren bei Kindern abgelehnt werden müssen (Blount; Rehbein und Hofmann; de Groote; Hildebrandt). Die Fragmentfixation sei ungenügend, außerdem könne das Osteosynthesematerial bei Bewegung leicht brechen (Blount; Ehalt; Lambrecht; Liszauer und Gara). Erneute Femurverbiegungen und Refrakturen wurden als Komplikationen beobachtet (Blount; Ehalt). Im eigenen Krankengut war die operative Drahtumschlingung bei 4 Frakturen durchgeführt worden. Die Lane'sche Platte wurde nicht verwandt. Die Cerclage erwies sich in 2 Fällen als instabil. Bei 1 Patienten stellte sich nach anatomisch zunächst exaktem Frakturstand eine Schaftverbiegung ein (Achsenknick von 20°), bei dem anderen Patienten erfolgte nach auswärts angelegter Cerclage eine Refraktur; die proximale Drahtschlinge war gebrochen.

Die Rindenschicht des jungen Knochens umwächst zudem schnell Platte und Draht. Der Knochen wird an diesen Stellen rarefiziert, geschwächt und bruchanfällig (de Groote; Lambrecht). Auch bei einem Kind des eigenen Krankengutes mußte zur Entfernung der Cerclage eine Aufmeißelung der tief in Knochenkanälen eingemauerten Drahtschlingen vorgenommen werden. Bei einem anderen Patienten wurden

bei der Nachuntersuchung, 6 Jahre nach dem Unfall, noch liegende Drahtschlingen gefunden.

Bei falsch einwirkenden Schrauben kann die Platte schließlich auch als Sperre gegen das Zusammenwachsen der Fragmente wirken. Heilungsverzögerungen, Auseinanderweichen der Bruchenden und Pseudarthrosen können daraus resultieren (Lambrecht; Liszauer und Gara; Blount).

Grob zieht gelegentlich die temporäre Osteosynthese mit van Hoff'schen Schrauben zur Behandlung heran, aber nur bei schwer reponierbaren Femurschaftfrakturen älterer Kinder. Dieses Verfahren begünstigt die Heilung durch festes Aufeinanderpressen der Fragmente.

Andere Therapeuten bevorzugen als Operationsmethode die Marknagelung nach Küntscher. Sie wurde auch im eigenen Krankengut in einigen Fällen durchgeführt (8 Frakturen). Nach Ansicht der schweizerischen AO werden kindliche Femurschaftbrüche vorteilhafter mit einem dünnen AO-Tibiamarknagel versorgt (Müller, Allgöwer, Willenegger; vgl. S. 8 - 9).

Die beim Erwachsenen gegebene funktionelle Indikation für ein operatives Vorgehen bei Femurschaftfrakturen besteht nach übereinstimmender Ansicht in der Literatur bei Kindern nicht (Küntscher; Blount; Ehalt; de Groote; Rehbein und Hofmann; Schweiberer, Hofmeier, Faust). Frühzeitige Bewegungsmöglichkeit und Belastbarkeit seien bei Kindern nicht von entscheidender Bedeutung, da Gelenkschäden, stärkere Muskelatrophien, allgemeine Kreislaufschäden infolge längerer Bettruhe bei diesen im Gegensatz zu Erwachsenen nicht zu erwarten seien.

Als wesentliche Vorzüge der Marknagelung auch beim Kind gegenüber konservativen Behandlungsmethoden, werden von ihren Befürwortern angesehen: die regelmäßige und dauerhafte anatomisch einwandfreie Fragmentreposition, so daß vor allem die Gefahr von Winkelbildungen und Torsionsfehlern gebannt sei, und die ununterbrochene Ruhigstellung der Fraktur (Junge; Matzner; Rehbein und Hofmann; Müller, Allgöwer, Willenegger; Reding). Es entfalle darüberhinaus

eine bei Extensionsbehandlung mögliche Schädigung des Kniegelenkbandapparates (Daum, Metzger, Kürschner, Hecker). Schließlich seien auch weniger Röntgenkontrollen erforderlich, die Strahlenbelastung der Kinder sei somit geringer als bei konservativer Therapie (Haak).

Zahlreiche Autoren konnten zeigen, daß nach Femurmarknagelung im Kindesalter tadellose Heilungs- und Spätergebnisse erzielt werden (Junge; Rehbein und Hofmann; Lessard und Pagé; Liszauer und Gara; Daum, Metzger, Kürschner, Hecker). Dies bestätigten auch die eigenen Untersuchungen, wobei allerdings einschränkend gesagt werden muß, daß die vorliegende Fallzahl klein war. Die genagelten Frakturen verheilten alle in anatomisch exakter Position. Bei der Nachuntersuchung wurden lediglich Längenzunahmen der verletzten Femora beobachtet.

Von den Gegnern der Osteosynthese beim Kind wird ins Feld geführt, daß diese ein besonders ausgeprägtes posttraumatisch gesteigertes Längenwachstum des Femurs induziert (Blount; Lentz; Trognon, Massy, Bouchez). Andere Autoren können diese Ansicht aufgrund von Nachuntersuchungsergebnissen nicht bestätigen. Das Ausmaß des Mehrwachstums nach konservativer und operativer Therapie sei vielmehr im wesentlichen gleich groß (Flach, Geisbe, Fendel; Daum, Metzger, Kürschner, Hecker; Reding). Die eigenen Untersuchungen zeigten, daß die Wachstumssteigerung des frakturierten Femurs nach operativer Behandlung durchaus im Rahmen der Längenzunahmen lag, die auch nach konservativer Therapie zu beobachten waren (vgl. Tab. 16).

Gegen die operative Therapie wird ferner die Infektionsgefährdung der Kinder angeführt, also die Möglichkeit einer Osteomyelitis bzw. Ostitis (Blount; Ehalt; Vontobel, Genton, Schmid; Schweiberer, Hofmeier, Faust). Darüberhinaus wird die Ansicht vertreten, daß der kindliche Knochen besonders zur Infektion neige (Schenk; Schüttmeyer und Flach). Jene Feststellungen der genannten Autoren beruhen jedoch nicht auf statistischen Untersuchungen.

Dem Argument der Infektionsgefährdung wird von anderer Seite entgegengehalten, daß strenge Aseptik und das geschlossene Verfahren der Marknagelung diese Gefahr vermindern (Matzner; Reding; Rehbein und Hofmann; Daum, Metzger, Kürschner, Hecker). Eine be-

sondere Infektionsneigung des kindlichen Knochens wird als unzutreffend abgelehnt (Rehbein und Hofmann).

Daum, Metzger, Kürschner und Hecker beobachteten unter 41 Femurmarknagelungen bei Kindern 1 Osteomyelitis. Auch Junge fand 1 Fall unter 39 genagelten kindlichen Frakturen. Rehbein und Hofmann (57 genagelte Femurschaftbrüche bei Kindern), auch Lessard und Pagé (25 genagelte Brüche) sahen keine Infektion. Im eigenen Krankengut trat 1 Osteomyelitis auf, allerdings nicht nach Marknagelung, sondern bei einer sekundär mit anderen Metallstiften (2 Zimmermannsnägel und 1 Rush-pin) versorgten Fraktur (Fallbeschreibung auf S. 25).

Haak befürwortet, im Gegensatz zu den übrigen Autoren, die offene Marknagelung mit der Begründung, daß hierbei die Operationsdauer wesentlich verkürzt und die Beseitigung von Muskelinterpositionen leichter sei.

Muskelinterpositionen stellen aufgrund der Erfahrung anderer Therapeuten aber keine Indikation für eine offene Reposition dar: Einklemmte Muskelfasern können sich bei Extensionsbehandlung aus dem Bruchspalt herausziehen, verbleibende werden in den Kallus eingemauert und verschwinden im Laufe der Umbauvorgänge völlig (Blount; Vontobel, Genton, Schmid; Neer und Cadman).

Als weiteres Argument gegen die Marknagelung wird die Gefahr einer postoperativen Fettembolie angeführt (Ehalt; Senff; Hildebrandt; Schenk). Maatz beschreibt eine tödlich verlaufende Fettembolie nach Marknagelung bei einem Kind. Nach Rettig soll diese Komplikation bei Kindern sogar häufiger sein als bei Erwachsenen. Andere Autoren fanden sie nicht in ihrem Krankengut (Daum, Metzger, Kürschner, Hecker; Rehbein und Hofmann) und betrachten sie zumindest als Rarität (Schweiberer, Hofmeier, Faust). Auch im eigenen Krankengut trat diese Komplikation nicht auf.

Es wird ferner hingewiesen auf die Gefahr einer Schädigung der distalen Femurepiphyse durch den Marknagel. Epiphyseodese und Wachstumsstörungen seien als Folgen zu befürchten (Ehalt; Drömer und Penndorf; Hildebrandt). Haak schlägt aus diesem Grunde vor, den

Nagel genügend weit (etwa 4 cm) vor der distalen Wachstumsfuge enden zu lassen (ähnlich Liszauer und Gara; Lambrecht). Andererseits wird der Fugenknorpel für so widerstandsfähig gehalten, daß selbst bei Läsionen durch den Marknagel keine Wachstumsstörungen zu erwarten seien (Reding). Es wurden Fälle mit Durchbohrung der Epiphysenlinie beschrieben, die folgenlos blieben (Junge: 2 Fälle; Reding: 1 Fall). Daum, Metzger, Kürschner und Hecker beobachteten bei 41 genagelten Frakturen keine späteren Wachstumsstörungen. Sie wurden auch im eigenen Krankengut nicht festgestellt.

Die Notwendigkeit einer 2. Operation zur Entfernung des Osteosynthesematerials (Keel), ferner unnötige, häßliche Narbenbildungen (Vontobel, Genton, Schmid) werden auch als Einwände gegen die operative Therapie vorgebracht.

Daum, Metzger, Kürschner und Hecker weisen ausdrücklich auf das i.a. kürzere Krankenlager nach Marknagelung hin (ebenso Junge; Matzner). Sie fanden bei den genagelten Frakturen ihres Krankengutes eine Differenz von etwa 4 Wochen gegenüber konservativ behandelten Femurschaftfrakturen. Nach Lapshina und Sosowski können genagelte Oberschenkelschaftbrüche i.a. nach spätestens 7 Wochen belastet werden. Ähnliche Ergebnisse wurden im eigenen Krankengut festgestellt. Volle Belastungsfähigkeit des Beines nach Marknagelung war in den meisten Fällen nach 4 - 6 Wochen erreicht (bei 7 von 8 Patienten). Nach konservativer Behandlung war dagegen bei über der Hälfte der Fälle eine etwa bis 4 Wochen längere Fixationszeit notwendig (s.S. 22).

Die Nagelextraktion wurde i.a. frühestens nach 1/2 Jahr, spätestens nach 1 1/2 Jahren vorgenommen. Nach de Groote (auch Reding, Liszauer und Gara) sollte der Nagel nach 6 Monaten, nach Haak spätestens nach 9 Monaten entfernt werden. Bei einem Patienten war der Nagel schon nach 3 Monaten ausnahmsweise extrahiert worden. Kurze Zeit darauf erfolgte eine Refraktur im alten Verletzungsbereich (Fallbeschreibung auf S. 24). Lessard und Pagé sahen nach zu frühzeitiger Nagelextraktion eine Abknickung des Femurschaftes an der Frakturstelle.

Der Indikation zur Femurmarknagelung im Kindesalter wird von einzelnen Autoren eine unterschiedliche Breite zugestanden. Neer und Cadman engen sie ein auf Fälle, bei denen das verletzte Bein

vor der Fraktur schon kürzer war. Sie gehen dabei von der Vorstellung aus, einen Längenausgleich durch das posttraumatisch gesteigerte Längenwachstum zu erreichen. Auch andere Autoren halten sie nur in Ausnahmefällen für angezeigt (Lentz; Vontobel, Genton, Schmid; Schweiberer, Hofmeier, Faust; Schwemmlé). Nach Ehalt sollte die Marknagelung beim Kind nur angewendet werden bei hohen subtrochantären Frakturen oder bei offenen und stark verschobenen Brüchen (ähnlich Drömer und Penndorf; Hildebrandt; Teutsch). Die übrigen Autoren weisen darauf hin, daß der operative Weg vor allem dort angebracht sei, wo mit konservativen Mitteln eine ausreichende Reposition und Fixation der Fragmente nicht erzielt oder ein spontaner Ausgleich von Fehlstellungen nicht erwartet werden kann (Matzner; Rehbein und Hofmann; Daum, Metzger, Kürschner, Hecker; Lessard und Pagé; Schüttmeier und Flach; Lambrecht; Liszauer und Gara; Büttner; de Groote; Lapshina und Sosowski). Als prädestinierte Fälle werden dislozierte Querfrakturen angesehen (Haak; Reding; Krebs und Streicher). Auch im eigenen Krankengut wurde die Marknagelung meistens bei dislozierten Querfrakturen des medialen (5 Fälle) oder proximalen Schaftbereiches (2 Fälle) durchgeführt, nur in einem Fall bei einer Schrägfraktur im proximalen Schaftdrittel. Bei 2 Kindern erfolgte die Nagelung infolge schwerer Begleitverletzungen primär (komplizierte Unterschenkelfraktur auf der gleichen Seite; schwere *Comotio cerebri*; Fallbeschreibungen auf S. 23), bei 6 Kindern sekundär, nachdem mit konservativen Behandlungsmethoden ein guter Fragmentstand nicht erzielt werden konnte.

Als untere Altersgrenze für die Marknagelung werden um das 7. Lebensjahr schwankende Werte angegeben (Drömer und Penndorf; Matzner; Daum, Metzger, Kürschner, Hecker; Rehbein und Hofmann; Reding). Haak geht herunter auf das 3., Ehalt herauf auf das 10. Lebensjahr (ebenso Müller, Allgöwer, Willenegger; Krebs und Streicher). Das jüngste Kind im eigenen Krankengut war 4 Jahre alt.

Nach Ehalt gehören, wie schon erwähnt (s.o.), subtrochantere Frakturen bei Kindern, ihrer oft ungemein schwierigen Reposition wegen, zur Domäne der Marknagelung. Die Stabilisierung dieser Frakturen geschieht dagegen nach Ansicht der schweizerischen AO zuverlässiger mit einer kleinen AO-Druckplatte (Müller, Allgöwer, Willenegger). Die ganze Frakturstelle wird durch Zuggurtungswirkung unter Druck ge-

setzt. Eine funktionell- später auch belastungsstabile Osteosynthese sei auf diese Weise zu erreichen.

Während des dieser Arbeit zugrunde liegenden Zeitraumes (1958 - 67) wurden in der Chirurgischen Universitätsklinik, Mainz, bei kindlichen Femurschaftbrüchen keine Plattenosteosynthesen durchgeführt. In neuerer Zeit wird die Verplattung nach den Richtlinien der AO auch hier bei einem Teil der kindlichen Schaftfrakturen vorgenommen. Die Auswertung der Ergebnisse dieser Behandlungsmethode muß daher einer späteren Untersuchung vorbehalten bleiben.

III. Heilungsergebnisse

Die Prognose der Femurschaftfraktur im Kindesalter wird als sehr günstig angesehen (Ehalt).

18% der Patienten des eigenen Krankengutes klagten bei der Nachuntersuchung über noch gelegentliche Beschwerden auf der Frakturseite, wie Schmerzen bei Witterungswechsel oder nach stärkerer Beanspruchung, die jedoch das Allgemeinbefinden nicht beeinträchtigten. Daum, Metzger, Kürschner und Hecker verzeichneten ähnliche subjektive Beschwerden bei 25% der Nachuntersuchten (ähnliche Ergebnisse bei Teutsch: 7 von 74 Patienten hatten noch Beschwerden; Barford und Christensen: 20 von 114 Patienten).

Spätere Funktionseinschränkungen werden bei Kindern i.a. selten beobachtet. So fanden einige Autoren lediglich in wenigen Fällen leichte Beugebehinderungen im Kniegelenk (Hildebrandt: 1 Fall unter 42 Patienten; Greville und Ivins: 1/40; Teutsch: 2/74). Auch im eigenen Krankengut bestanden bei nur 2 der 93 Nachuntersuchten leichte Beugeeinschränkungen ($20 - 30^{\circ}$) im Kniegelenk (in 1 der Fälle: nach Osteomyelitis, Fallbeschreibung auf S. 25). Andere Untersucher stellten keine Funktionsbeeinträchtigungen der Beinegelenke fest (Barford und Christensen: 114 Patienten; Drömer und Penndorf: 71; Keel: 63; Junge: 61; Vontobel, Genton, Schmid: 52; Schwemmler: 40; Buck-Gramcko: 25). Daum, Metzger, Kürschner und Hecker sahen indessen Einschränkungen der Hüftgelenksbeweglichkeit bei 18,4% der Fälle, Behinderungen der Kniegelenksfunktion nur bei 3 von 116 Nachuntersuchten. Hüft- und Fußgelenksfunktion war bei allen Nachuntersuchten des eigenen Krankengutes intakt.

Umfangdifferenzen beider Oberschenkel im Sinne einer Muskelatrophie wurden bei etwa $1/3$ der eigenen nachuntersuchten Patienten festgestellt (28 von 93 Fällen). Die Meßwerte betrugen 1 - 2,5 cm. Die Unfälle lagen 1 - 10 Jahre zurück. Vontobel, Genton und Schmid fanden nach 1 - 20 Jahren bei noch etwa der Hälfte der Fälle (25 von 52) Atrophien der Weichteile von 1 - 5 cm. Nach Daum, Metzger, Kürschner und Hecker liegen Umfangdifferenzen von 1 cm noch im Bereich der Meßfehlergrenze. In ihrer Untersuchungsreihe wurden Atrophien am Oberschenkel von mehr als 1 cm bei 22% der Nachunter-

suchten gemessen. Die Unfälle lagen in diesen Fällen
1 - 15 1/2 Jahre zurück.

Das Gangbild war bei allen nachuntersuchten Patienten des vorliegenden Krankengutes unauffällig. 2 Patienten mit Femurverlängerungen von 1,9 und 2,3 cm wiesen dagegen deutlichen Beckenschiefstand und Skoliose der Wirbelsäule auf. Beide hatten jedoch keine diesbezüglichen Beschwerden. Keel beschreibt einen Fall von Beckenschiefstand und Skoliose bei extremer Beinlängendifferenz von 4 cm, wobei das Gangbild aber normal gewesen sei. Vontobel, Genton und Schmid fanden dagegen schon einen pathologischen Gang bei Beinlängendifferenzen von 3 cm. Auch Daum, Metzger, Kürschner und Hecker beobachteten bei ähnlich starken Beinlängenunterschieden außer Beckenschiefstand und Skoliose auffälliges Hinken (5 von 116 Fällen).

Neurologische Störungen, motorischer oder sensibler Art, oder Durchblutungsstörungen nach kindlichen Oberschenkelchaftfrakturen werden in der vorliegenden Literatur nicht beschrieben. Auch im eigenen Krankengut kamen sie nicht vor.

Volle Funktionstüchtigkeit des verletzten Beines gilt nicht allein als Kriterium für ein gutes Heilungsergebnis. Darüberhinaus werden, vor allem im Hinblick auf die statische Funktion der unteren Extremität, wiederhergestellte einwandfreie anatomische Verhältnisse am Femurschaft gefordert (Ehalt; Jonasch; Drömer und Penndorf). Die Untersuchungen im eigenen Krankengut lassen indessen, entsprechend den Erfahrungen anderer Autoren (z.B. Trognon, Massy, Bouchez; Schenk; Keel; u.a.) erkennen, daß die röntgenanatomischen Befunde bei Abschluß der Behandlung sich später verändern und somit i.a. nicht als endgültige Heilungsergebnisse angesehen werden können. Diese Vorgänge erklären sich nach übereinstimmender Ansicht im Schrifttum aus der Eigentümlichkeit der kindlichen Frakturheilung, bei der stets eine wechselseitige Beeinflussung von traumatischer Schädigung und Entwicklung des Organismus bestehe. Durch innere Umbauvorgänge des jungen Knochens kann es u.a. zum Ausgleich primär verbliebener Fehlstellungen kommen. Dieser Spontankorrektur sind allerdings, dies zeigten auch die eigenen Untersuchungen, gewisse Grenzen gesetzt.

Bei der Heilung verbliebene Seitdislokationen werden der allgemeinen Erfahrung nach im Laufe der Zeit fast immer ausgeglichen (Ehalt; Jonasch; Vontobel, Benton, Schmid; Daum, Metzger, Kürschner, Hecker; Drömer und Penndorf; Barford und Christensen; Schüttemeyer und Flach; Keel; Schenk; Schwemmler; Hildebrandt; Trognon, Massy, Bouchez). Eine unvollkommene Korrektur, wie sie bei älteren Kindern gegen Ende der Wachstumsperiode vorkommen kann, soll aber nicht zur Beeinträchtigung der normalen Statik des Beines führen (Ehalt; Liszauer und Gara, Schweiberer, Hofmeier und Faust). Auch im eigenen Krankengut waren bei Entlassung noch bestehende Seitdislokationen, in Sagittal- wie in Frontalebene, bei der Nachuntersuchung in den meisten Fällen vollständig korrigiert (vgl. Tab. 5). Unveränderte Seitverschiebungen fanden sich lediglich in Ausnahmefällen bei älteren Kindern (13-jährige) oder nach sehr kurzem Beobachtungszeitraum (nach etwa 1 Jahr).

Achsenknicke erweisen sich dagegen als ein größeres Problem. Einige Therapeuten vertrauen der Spontankorrektur dieser Fehlstellung wenig. Sie empfehlen daher deren möglichst exakte Reposition (Ehalt; Matzner; Schüttemeyer und Flach; Liszauer und Gara). Nach Blount hängt die Korrekturmöglichkeit wesentlich vom Grad des primär verbliebenen Winkels ab. Die Nachuntersuchungsergebnisse im eigenen Krankengut weisen auf eine ähnliche diesbezügliche Beziehung hin. Achsenknicke bis 10° waren häufiger ausgeglichen worden als stärkere Abwinkelungen. Diese verbesserten sich meistens nur um einige Grade. Lediglich in Ausnahmefällen erfolgte auch hier eine vollständige Korrektur (vgl. Tab. 6). Auch andere Autoren sind aufgrund von Nachuntersuchungsergebnissen der Meinung, daß sich Achsenknicke i. d. R. nur bis zu 10° ausgleichen (Jonasch; Daum, Metzger, Kürschner und Hecker). Im übrigen reicht die Skala isolierter Achsenfehlstellungen von 15° (Reding; Neer und Cadman; Lentz, über $20 - 25^{\circ}$ (Barford und Christensen; Keel; Drömer und Penndorf; Weber; Trognon, Massy, Bouchez) bis zu 30° , bzw. 90° bei Säuglingen (Böhler; Hildebrandt).

Nach Blount kann ein umso stärkerer Achsenknick akzeptiert werden, je jünger das Kind zum Zeitpunkt des Unfalls ist und je näher am Knochenende der Bruch liegt. Jonasch fand dagegen keinen sicheren Zusammenhang zwischen der Ausgleichskraft des Knochens

und dem Unfallalter der Kinder. Auch im eigenen Krankengut ließ sich kein Einfluß des Unfallalters auf das Korrekturvermögen bei Achsenknicken nachweisen (vgl. Tab. 8). Ein unterschiedliches Korrekturverhalten in verschiedenen Femurschaftbereichen ließ sich ebenfalls nicht feststellen (vgl. Tab. 9).

Nach Schweiberer, Hofmeier und Faust besteht Hoffnung, daß Winkelfehlstellungen, die nach kurzem Beobachtungsintervall noch nicht korrigiert sind, sich nach längerem Zeitintervall noch ausgleichen werden. Im eigenen Krankengut ließ sich nachweisen, daß die Dauer des Beobachtungsintervalles von entscheidender Bedeutung für das Korrekturverhalten primär verbliebener Achsenknicke war. Nach kurzem Beobachtungszeitraum von 1 - 2 Jahren waren nur wenige Achsenknicke korrigiert. Nach längerem Zeitraum bestanden hingegen kaum noch unverändert gebliebene Winkelfehlstellungen (vgl. Tab. 7).

Einige Autoren sind der Ansicht, daß senkrecht auf die Bewegungsebene des Kniegelenkes wirkende Achsenknicke (= Varus- und Valgusverbiegungen) weniger korrekturfähig sind, andererseits in der Bewegungsebene des Kniegelenkes liegende Abwinkelungen (= Ante- und Rekurvationen) eher zum Ausgleich neigen (Blount, Phalt, Schweiberer, Hofmeier, Faust). Die eigenen Untersuchungen können diese Erfahrungen nicht in allen Teilen bestätigen (vgl. Tab. 10 - 14). Das Korrekturvermögen primär verbliebener Rekurvationen war auffallend gut (selbst Winkel von 15° - 20° waren in den meisten Fällen ausgeglichen), das der Antekurvations dagegen weitgehend unbefriedigend (Winkel von mehr als 10° waren, abgesehen von 1 Ausnahme, nicht spontan ausgeglichen). Auch Vontobel, Genton und Schmid verweisen auf die allgemein schlechtere Ausgleichstendenz der Antekurvations und auf die bessere der Rekurvations (Winkel bis 23°). Auch Varus- und Valgusabweichungen korrigieren sich nach Ansicht der Autoren nur mangelhaft. In ihrer Untersuchungsreihe waren Varusknicks von 5° - 22° im Laufe der Zeit nur in 40% der Fälle, Valgusknicks von 5° - 15° nur in 50% der Fälle normalisiert worden. Bei den übrigen Winkeln waren lediglich geringgradige Verbesserungen eingetreten (ähnliche Angaben bei Daum, Metzger, Kürschner, Hecker). Im eigenen Krankengut wurden ähnliche Ergebnisse festgestellt, obwohl hinzugefügt werden muß, daß sich die Zahlenwerte nur bedingt vergleichen lassen. Varusfehlstellungen von 5° - 22° waren in etwa der Hälfte der Fälle, Valgusfehlstellungen von

5 - 12° nur in weniger als 1/4 der Fälle ausgeglichen worden. Die übrigen Abwinkelungen waren jeweils nur teilweise korrigiert worden oder unverändert geblieben.

Pauwels und Chigot führen die Korrektur von Achsenknicken auf ein ungleiches Epiphysenwachstum zurück. Auslösender Faktor hierfür sei die unterschiedliche Druckbelastung der Epiphysenfuge infolge der Winkelbildung am Schaft. Als Teilursache wird auch der lokale An- und Abbau des Knochens angesehen (Jonasch).

Bleibende Abwinkelungen des Femurschaftes sollen im Laufe der Zeit zu Beschwerden in den benachbarten Gelenken führen (Jonasch). Arthrosen des Kniegelenkes wurden als Spätschäden beschrieben (Ehalt). Gelenkveränderungen in diesem Sinne fanden sich im eigenen Krankengut nicht.

Torsionsfehler werden nach übereinstimmender Ansicht im Schrifttum, im Gegensatz zu allen anderen Dislokationen, nicht spontan ausgeglichen (Mount; Ehalt; Weber; Müller, Allgöwer, Willenegger; Jonasch; Trognon, Massy, Bouchez). Sie sollen höchstens bei jüngeren Kindern im Laufe des Wachstums ein wenig gemildert werden können (Rehbein und Hofmann; Reding). Schutte Meyer und Flach beobachteten unter 19 primär fehlgeheilten kindlichen Femurschaftfrakturen 3 Drehfehler, die bei der Nachuntersuchung Jahre später keine Ausheilung zeigten (ähnliche Angaben bei Teutsch; Schwemmler; Schweiberer, Hofmeier und Faust). Vontobel, Centon und Schmid wiesen bei ihren Nachuntersuchungen mit Hilfe von Spezialaufnahmen (Antetorsionswinkel-Bestimmung nach Müller) in 13 von 52 Fällen Torsionsunstimmigkeiten des Femurs auf der Frakturseite nach.

Das Prinzip dieser Technik sei kurz erläutert. Der Antetorsionswinkel des Femurs (= AT-Winkel: gebildet aus Schenkelhals- und Kniecondylenachse) läßt sich auf der sogenannten AT-Aufnahme (nach Müller) röntgenologisch bestimmen. Die AT-Winkel beider Seiten sind normalerweise gleich groß. Winkeldifferenzen von 2 - 3° werden noch als physiologisch angesehen. Drehfehler des Femurs lassen sich an größeren AT-Winkeldifferenzen beider Seiten erkennen (Weber).

Im eigenen Krankengut wurden 7 Frakturen, die mit eindeutigen Torsionsfehlern verheilt waren, mit Hilfe der genannten Röntgentechnik nachkontrolliert. In allen Fällen waren noch Torsionsunstimmigkeiten auf der Frakturseite nachzuweisen. Keiner der primär verbliebenen Drehfehler war ausgeglichen worden. Ob sich möglicherweise Winkelverbesserungen eingestellt hatten, konnte in Ermangelung entsprechender AT-Röntgenogramme von der Entlassung nicht beurteilt werden. Das Beobachtungsintervall betrug 1 - 7 Jahre. In 3 Fällen fanden sich AT-Winkeldifferenzen beider Femora im Sinne einer vermehrten Antetorsion auf der Frakturseite (Werte zwischen $+6^{\circ}$ und $+12^{\circ}$). 4 Patienten wiesen Differenzen im Sinne einer Retrotorsion auf (Werte zwischen -6° und -17°).

Die mangelhafte Ausgleichstendenz bei Drehfehlern erklärt sich nach Weber aus dem Unvermögen der Epiphysenfuge, auf torquierende Kräfte zu reagieren, im Gegensatz zu schief auftreffenden Druckkräften (etwa bei Achsenknicken).

Torsionsfehlern wird insofern besondere Bedeutung beigemessen, als sie sich ausgesprochen ungünstig auf Statik und Dynamik der gesamten Beingliederkette auswirken (Weber; Müller; Weigert und Viernstein). Sie kommen als Ursache späterer Arthrosen in Knie- und Hüftgelenk in Betracht (Weber). Vontobel, Genton und Schmid beobachteten bei einem Patienten mit stärkerer Femurtorsion eine Sklerose des Pfannendaches. Infolge der Fehlbelastung des gesamten Beines ist außerdem mit sekundären Schäden in den Sprung- und Fußgelenken zu rechnen (Weber; Weigert und Viernstein).

Angesichts der gravierenden Spätschäden wird in der Literatur eindringlich auf die Notwendigkeit einer exakten Torsionseinstellung der Fraktur während der Behandlung hingewiesen (Ehalt; Blount; Jonasch; Barford und Christensen; Schüttemeyer und Flach; Liszauer und Gara; Matzner; Weber; Vontobel, Genton, Schmid; Lentz).

Die Kontrolle dieser Fehlstellung wird insbesondere bei der konservativen Therapie als schwierig eingeschätzt (Rehbein und Hofmann; Reding; Daum, Metzger, Kürschner, Hecker). Auch im eigenen Krankengut wurden Drehfehler nur bei konservativ behandelten Frakturen festgestellt (Heftpflasterextension: 5 Fälle; Drahtextension:

1 Fall; Gipsfixation: 1 Fall). Spätschäden, wie Arthrosen, bestanden in keinem der Fälle.

Weber entwickelte ein eigenes Extensionsverfahren - eine Doppelaufhängung beider Beine bei rechtwinkelig gebeugten Unterschenkeln -, das die Kontrolle und eventuelle Korrektur eines Drehfehlers ermöglicht (mit Hilfe der AT-Aufnahme). 20 Femurschaftfrakturen bei Kindern zwischen 3 - 14 Jahren seien auf diese Weise erfolgreich behandelt worden. Auch die Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen befürwortet zur genauen Kontrolle dieser Fehlstellung bei Schaftbrüchen jüngerer Kinder (bis etwa zum 10. Lebensjahr) diesen sogenannten Weberbock als Behandlungsmethode (Müller, Allgöwer, Willenegger).

Als charakteristische Erscheinung nach Femurschaftfrakturen im Kindesalter gilt das posttraumatisch gesteigerte Längenwachstum des Femurs. Dies ist schon seit mehr als 100 Jahren bekannt (Ollier, 1867). Es wurde bei Kontrolluntersuchungen regelmäßig und häufig beobachtet (in etwa 50% der Fälle bei Schüttemeyer und Flach; Rehbein und Hofmann; Neer und Cadman; Schenk; Vontobel, Genton, Schmid; oft auch bei nahezu allen oder sogar allen nachuntersuchten Patienten: Flach, Geisbe, Fendel; Daum, Metzger, Kürschner, Hecker; Barford und Christensen; Keel: 86-95%; Levanier: 90-95%; Jonasch: 100%; Singer und Kraft; Schweiberer, Hofmeier, Faust).

Jenen Untersuchungen liegen z.T. unterschiedliche Meßverfahren zugrunde, röntgenologische einerseits, ungenauere klinische Messungen andererseits. Im vorliegenden Krankengut wurde die röntgenologische Längenvergleichsmessung beider Femora herangezogen. Diese ergab bei 82% der kontrollierten Patienten ein vermehrtes Längenwachstum des Femurs auf der Frakturseite (vgl. Tab. 16).

Das Ausmaß der Wachstumssteigerung bewegt sich nach übereinstimmender Ansicht in der Literatur etwa zwischen 0,5 und 2,0 cm (Junge; Vontobel, Genton, Schmid; Rehbein und Hofmann; Reding; Neer und Cadman; Hildebrandt; Schüttemeyer und Flach; Daum, Metzger, Kürschner, Hecker; Schwemmlé). Es beträgt durchschnittlich etwa 1 cm (Blount; Singer und Kraft; Jonasch; Greville und Ivins; Keel; Flach, Geisbe, Fendel). Auch bei den nachkontrollierten Frakturen

des eigenen Krankengutes ging das Mehrwachstum in den meisten Fällen bis 2,0 cm (63 Fälle). Darüberhinausgehende Längenzunahmen von 2,1 - 3,0 cm wurden nur in 9 Fällen beobachtet (vgl. Tab. 16).

Entsprechend den Ergebnissen anderer Untersucher (Junge; Flach, Geisbe, Fendel; Flach und Kudlich; Daum, Metzger, Kürschner, Hecker; Reding; Schweiberer, Hofmeier, Faust; u.a.) ließ sich ein vermehrtes Längenwachstum sowohl nach konservativer (64 von 79 Frakturen) als auch nach operativer Therapie (8 von 9 Frakturen) feststellen (vgl. Tab. 16). Einige Autoren sind der Ansicht, daß die Femurmarknagelung zu einem besonders starken Mehrwachstum des Femurs führt (Blount; Greville und Ivins; u.a.). Nach Rehbein und Hofmann hält sich die Längenzunahme nach Marknagelung aber in tragbaren Grenzen. Sie ermittelten unter 34 genagelten Frakturen bei Kindern in 50% der Fälle Verlängerungen von 0,5 - 2 cm (ähnliche Ergebnisse bei Lessard und Pagé; Lapshina und Sosowski; Chigot und Estève). In der von Junge nachuntersuchten Serie von 52 Femurmarknagelungen fanden sich Längenzunahmen in 47% der Fälle, darunter bei nur 2 Patienten Verlängerungen von über 2 cm (ähnliche Ergebnisse bei Daum, Metzger, Kürschner, Hecker). Flach, Geisbe und Fendel konnten darüberhinaus anhand ihres Patientengutes (126 Femurschaftfrakturen bei Kindern zwischen 1 - 14 Jahren) nachweisen, daß sich das Ausmaß des vermehrten Längenwachstums nach konservativer oder operativer Therapie nicht unterscheidet. Daum, Metzger, Kürschner und Hecker weisen aufgrund ihrer Untersuchungsergebnisse (53 konservativ und 48 operativ versorgte Frakturen, darunter 37 Femurmarknagelungen) desgleichen darauf hin, daß das Mehrwachstum nach beiden Behandlungsmethoden etwa gleich ist. Die Längenzunahme habe in den meisten Fällen 0,1 - 2 cm betragen, nach konservativer (33 Fälle) wie operativer Therapie (28 Fälle, darunter 24 Marknagelungen). Nur in Ausnahmefällen seien stärkere Wachstumssteigerungen von 2,1 - 4 cm aufgetreten (3 Fälle nach konservativer, 6 Fälle nach operativer Therapie, darunter 3 Marknagelungen).

Auch die eigenen Untersuchungsergebnisse zeigten, daß die effektive Wachstumszunahme nach konservativer Therapie in den meisten Fällen bis zu 2 cm betrug (55 Fälle) und nur in wenigen Fällen darüberhinausging (9 Fälle). Nach Osteosynthese betrug sie 0,5 bis maximal 2 cm (8 Fälle, darunter 5 Marknagelungen). Obwohl die Zahl der

operativ behandelten, insbesondere der genagelten Fälle im vorliegenden Krankengut gering war, sei dennoch festgehalten, daß sich das Mehrwachstum des frakturierten Femurs in allen Fällen innerhalb der Meßwerte bewegte, die i. a. auch nach konservativer Therapie festgestellt wurden (vgl. Tab. 16).

Ein zusätzlicher Längenwachstumsreiz des Marknagels an sich wird als gering eingeschätzt (Junge; Rehbein und Hofmann) oder sogar abgelehnt (Flach und Kudlich). Der Nagel werde wie jeder intramedullär eingebrachte Fremdkörper innerhalb kurzer Zeit bindegewebig abgekapselt und stelle dann keinen Wachstumsreiz mehr dar (Flach und Kudlich).

Bei jüngeren Kindern soll ferner ein stärker ausgeprägtes Mehrwachstum bestehen (Schenk; Ehalt; Schüttemeyer und Flach; Greville und Ivins). Innerhalb des eigenen Krankengutes ließ sich dagegen kein Einfluß des Unfallalters der Kinder auf die Wachstumsbeschleunigung des verletzten Femurs feststellen (vgl. Tab. 19). Auch andere Untersucher sehen keinen Zusammenhang zwischen dem Alter einerseits und dem posttraumatisch gesteigerten Längenwachstum andererseits (Jonasch; Flach und Kudlich; Flach, Geisbe, Fendel; Singer und Kraft; Daum, Metzger, Kürschner, Hecker).

Nach Ehalt sollen die epiphysennahen Frakturen einen verstärkten wachstumsstimulierenden Effekt besitzen (ähnlich Drömer und Penndorf; Singer und Kraft; Barford und Christensen). Im eigenen Krankengut ließ sich dies nicht feststellen (vgl. Tab. 21). Auch andere Autoren sind der Ansicht, daß die Lage der Fraktur keinen Einfluß auf das spätere Mehrwachstum ausübt (Aitken; Flach und Kudlich; Flach, Geisbe, Fendel; Schüttemeyer und Flach; Daum, Metzger, Kürschner, Hecker).

Nach Barford und Christensen bewirken Trümmerbrüche ein starkes Mehrwachstum. Nach Schrägfrakturen sei es geringer und nach Querfrakturen noch weniger ausgeprägt. Im eigenen Krankengut spielte der Frakturtyp hinsichtlich der effektiven Wachstumszunahme keine nachweisliche Rolle (vgl. Tab. 20). Das Ergebnis stimmt in dieser Hinsicht überein mit den Beobachtungen anderer Autoren (Aitken;

Jonasch; Flach und Kudlich; Flach, Geisbe, Fendel; Daum, Metzger, Kürschner, Hecker).

Aitken beobachtete eine umso stärkere Wachstumssteigerung, je größer die Verkürzung bei Frakturheilung war. Auch Flach, Geisbe und Fendel weisen auf einen derartigen möglichen Zusammenhang zwischen primärer Verkürzung und effektiver Längenzunahme hin. Keel fand in seinem Krankengut diese Erfahrungen nicht bestätigt. Die unverkürzt verheilten Frakturen hätten etwa ein gleiches Mehrwachstum gezeigt wie die primär verkürzten Brüche. Die eigenen Untersuchungsergebnisse lassen eher eine Tendenz zur Übereinstimmung mit den anderen Autoren erkennen. Primär unverkürzt verheilte Frakturen wiesen häufig kein bzw. ein nur geringes Mehrwachstum auf (bis 0,5 cm), primär leicht verkürzte Brüche meistens ein größeres (0,6 - 1,5 cm). Primär stärker verkürzte Frakturen zeigten in den meisten Fällen eine ausgeprägte Wachstumszunahme (1,6 - 3 cm; vgl. Tab. 17).

Ob das Wachstumsergebnis im Einzelfalle kalkulierbar sei, erscheint fraglich (Flach, Geisbe, Fendel), Blount hält es für unvorhersagbar.

Um das vermehrte Längenwachstum aufzufangen, empfehlen einige Therapeuten, bei kindlichen Femurschaftbrüchen eine bewußte Verkürzung von 1 - 2 cm zu belassen (Blount; Ehalt; Böhler; Vontobel, Genton, Schmid; Barford und Christensen; Grob; Schwemmle; Jonasch; Pease; Keel; Schweiberer, Hofmeier, Faust). Neer und Cadman halten auch Verkürzungen von 3 cm für noch akzeptabel. Außerdem ergebe Seitapposition und Verkürzung (= Bajonettstellung der Fragmente) eine schnellere Heilung als End-zu-End-Apposition. Andere Autoren treten dagegen für eine möglichst exakte Reposition ein. In diesen Fällen sei nicht mit einer übermäßigen Längenzunahme zu rechnen (Flach, Geisbe, Fendel; Flach und Kudlich; Daum, Metzger, Kürschner, Hecker; Hedberg; Odell und Leydig). Dies bestätigten auch, wie oben erwähnt, die eigenen Untersuchungen.

Nach Flach, Geisbe und Fendel imponieren die absoluten Werte der Verlängerungen kaum. Vontobel, Genton und Schmid stellten nach klinischer Längenmessung bei etwa der Hälfte ihrer Patienten

ungleiche Oberschenkel­längen fest (27 von 52 Fällen), darunter Verlängerungen zwischen 0,5 - 2,0 cm (19 Fälle) und Verkürzungen von 0,5 - 2,0 cm (8 Fälle). Bei den übrigen kontrollierten Fällen (25) bestanden beiderseits gleiche Bein­längen (ähnliche Ergebnisse bei Teutsch; Schweiberer, Hofmeier, Faust). Im eigenen Krankengut fanden sich nach röntgenologischer Messung bei 83% der Nach­unter­suchten ungleiche Femur­längen. Die absolute Verlängerung betrug in den meisten Fällen bis zu 1,0 cm (34 Fälle), in einigen Fällen darüberhinaus bis zu 2,3 cm (12 Fälle). Die Verkürzungen bewegten sich in ähnlicher Größenordnung (bis 1,0 cm: 22 Fälle; 1,1 - 2,0 cm: 5 Fälle). Die übrigen Patienten (17 Fälle) wiesen beiderseits gleich lange Femora auf.

Einige Autoren stellten fest, daß auch die Tibia nach Femur­schaff­frakturen bei Kindern eine geringgradige Verlängerung erfahren kann (etwa 0,3 cm nach Greville und Ivins). Für die Gesamt­verlängerung des Beines sei dies jedoch unbedeutend (Pease; Greville und Ivins; Levander). Im eigenen Krankengut war die Tibialänge röntgenologisch nicht bestimmt worden.

Nach Singer und Kraft bleiben ungleiche Bein­längen bis zu 1,5 cm ohne Folgen für eine ausgewogene Statik des Beines. Erst bei darüberhinausgehenden Bein­längen­unterschieden seien Folgen wie Beckenschiefstand und Skoliose der Wirbelsäule zu erwarten, als Veränderungen im Sinne einer funktionellen Korrektur. Keel hält Bein­längendifferenzen bis 2 cm für funktionell bedeutungslos (eben­so Schenk; Böhler; ähnlich Drömer und Penndorf). Vontobel, Genton und Schmid sind der Ansicht, daß selbst bei Längen­unterschieden von 3 cm mit Funktionsbeeinträchtigungen nicht zu rechnen sei. Im eigenen Krankengut wiesen 2 Patienten, wie schon erwähnt (s.S. 64), deut­lichen Beckenschiefstand und Skoliose auf. Die Längendifferenz beider Femora betrug in dem einen Fall 1,9, in dem anderen 2,3 cm. Die Patienten klagten nicht über dementsprechende Beschwerden und hatten ein unauffälliges Gangbild (bezüglich der Ergebnisse bei anderen Autoren s.S. 64).

Die Nachforschungen von Nichols ergaben, daß 8% der Menschen eine naturgegebene ungleiche Bein­länge von etwa 1 cm aufweisen (ähnliche Ergebnisse bei Barford und Christensen). Nach Trotter

und Gleser sollen sogar alle Menschen geringfügige Beinlängendifferenzen besitzen.

Auffälligerweise trat bei einigen Patienten (4 Fälle) eine Verzögerung des Femurwachstums auf der Frakturseite ein mit relativen Werten bis zu -1,5 cm. Andere Autoren konnten ähnliche Befunde erheben (Flach, Geisbe, Fendel; Rehbein und Hofmann). Nach Ehalt können Infektionen zu einer Verzögerung des Wachstums führen. Schweiberer, Hofmeier und Faust beschreiben 2 Fälle mit Beinverkürzungen nach Marknagelung infolge Osteomyelitis. Derartige Komplikationen wurden bei den genannten eigenen Patienten nicht beobachtet. Auch Rehbein und Hofmann konnten für ihre Fälle keine Erklärung dieser Befunde ermitteln.

Zusätzliche Unruhe im Frakturgebiet, verursacht durch Refrakturen, wiederholte Repositionsversuche oder Infektionen (z.B. Osteomyelitis) sollen zu einem erheblich überschießenden Längenwachstum des Femurs führen (Blount; Ehalt; Flach und Kudlich; Rehbein und Hofmann; Singer und Kraft; Neer und Cadman). Extreme Werte bis zu 4 cm wurden dann beobachtet (Junge). Nach Ehalt sind diese Folgen die Regel, rechnen könne man damit aber nicht. Dieser Erfahrung entsprechend fand sich im eigenen Krankengut bei einer mehrfach reponierten Fraktur ein starkes Mehrwachstum von 3 cm, nach 2 Refrakturen dagegen im einen Fall nur ein solches von 1,9 cm, im anderen Fall sogar gar keines. Auch nach einer Osteomyelitis wurde nur eine Wachstumssteigerung von 0,5 cm festgestellt.

Die Wachstumsbeschleunigung nach kindlichen Femurschaftfrakturen soll hauptsächlich in den ersten 6 - 8 Monaten nach der Fraktur vonstatten gehen (Liszauer und Gara), nach 1 Jahr (Blount; Flach und Kudlich; Greville und Ivins), spätestens nach 2 Jahren (Keel; Matzner) sei der Prozeß beendet. Die dann einmal eingetretene Verlängerung des Femurs bleibe zeitlebens bestehen (Blount; Jonasch; Flach und Kudlich; Flach, Geisbe, Fendel; Vontobel, Genton, Schmid).

Bei der Prüfung der effektiven Längenzunahme bei verschiedenen Zeiten der Nachuntersuchung ließ sich entsprechend im eigenen Krankengut feststellen, daß die effektive Wachstumszunahme 3 - 10 Jahre nach dem Unfall nicht größer war als nach kürzerem Beobachtungs-

intervall von 1 - 2 Jahren (vgl. Tab. 18). Auch Flach, Geisbe und Fendel sind aufgrund ihrer Nachuntersuchungsergebnisse der Ansicht, daß das vermehrte Längenwachstum innerhalb der ersten Monate nach der Fraktur auftritt. Sie wiesen nach, daß späterhin keine Abhängigkeit der effektiven Wachstumszunahme vom Zeitpunkt der Nachuntersuchung besteht.

Odell und Leydig beobachteten einen frühzeitigen Femurepiphysenschluß auf der verletzten Seite. Ihrer Ansicht nach dürften sich Femurverlängerungen somit später wieder ausgleichen. Ursache dieses Vorganges ist nach Goff ein wahrscheinlich vorzeitiger Verbrauch der epiphysären Wachstumskraft. Nach Blount soll dadurch aber kein Längenausgleich erfolgen. Zu diesen Fragen kann aufgrund der eigenen Quer- und nicht Längsschnitt-Untersuchung des Patientengutes nicht Stellung genommen werden.

Die Wachstumsbeschleunigung nach Femurschaftfrakturen im Kindesalter wird als physiologische Reaktion des jungen Knochens angesehen (Flach und Kudlich; Rehbein und Hofmann; Schweiberer, Hofmeier, Faust). Eine befriedigende Erklärung dieses Phänomens scheint dagegen noch auszustehen. Es werden z.B. das Ausmaß der Fragmentdislokation oder die bei Kindern starke Kallusbildung mit dem Wachstumsreiz ursächlich in Zusammenhang gebracht (Aitken; Blount; Goff; Blomqvist und Rudström). Auch die Wiederherstellung der Markhöhle wird als wachstumsstimulierender Faktor angesehen (Ferguson). Dauer und Intensität der Umbauvorgänge im Heilungsprozeß sollen von entscheidender Bedeutung für die Wachstumssteigerung sein (Flach, Geisbe, Fendel). Trueta führte die Wachstumsbeschleunigung seinerzeit zurück auf die als Frakturfolge eintretende, mechanisch bedingte Hyperämie im Gebiet der distalen Femurepiphyse. Singer und Kraft vermuten darüberhinaus auch humorale und neurale Reflexmechanismen. Den heutigen Ansichten zufolge ist die Hyperämie mit großer Wahrscheinlichkeit ein an der Wachstumsbeschleunigung ursächlich beteiligter Faktor, der Vorgang als ganzer jedoch ein komplexes Geschehen (Flach, Geisbe, Fendel; Singer und Kraft).

IV. Schlußfolgerungen

Die Untersuchungen im eigenen Krankengut zeigten folgende Ergebnisse:

1. Femurschaftfrakturen verheilen bei Kindern i.a. klinisch folgenlos. Nur in wenigen Fällen wurden gelegentliche leichte Beschwerden geäußert (z.B. bei Witterungswechsel oder bei stärkerer Beanspruchung). Funktionseinschränkungen waren ausgesprochen selten (Kniegelenk), darüberhinaus geringfügig. Hinken oder neurologische bzw. Durchblutungsstörungen kamen nicht vor.
2. Fehlstellungen des Femurschaftes, die bei Frakturheilung verbleiben, können sich in gewissem Umfang im Laufe der Zeit spontan ausgleichen.
 - a. Seitverschiebungen bis zu Schaftbreite dürfen als belanglos angesehen werden, da sie sich fast ausnahmslos im Laufe der Zeit normalisierten. Lediglich bei älteren Kindern gegen Ende der Wachstumsperiode kann diese Korrekturmöglichkeit eingeschränkt sein (vgl. Tab. 5).
 - b. Das Korrekturvermögen des kindlichen Knochens bei Achsenknicken muß als begrenzt angesehen werden. Winkel von mehr als 10° sollten vermieden werden, da sich derartige Fehlstellungen häufig nur unvollkommen korrigierten. Geringgradigere Abweichungen wurden dagegen häufig ausgeglichen (vgl. Tab. 6).

Für die Beurteilung des endgültigen Heilungsergebnisses bei Achsenknicken sollte ein Zeitraum von mehr als 2 Jahren gewählt werden, da sich nach einem kürzeren Zeitintervall häufig noch unveränderte Winkel fanden (vgl. Tab. 7).

Das Unfallalter der Kinder oder die Frakturlokalisation scheinen für die Korrekturmöglichkeit bei Winkelfehlstellungen keine Rolle zu spielen. Ein Einfluß dieser Faktoren auf das Heilungsergebnis konnte jedenfalls nicht festgestellt werden (vgl. Tab. 8 und Tab. 9).

Die Art der Abwinkelung dürfte dagegen für die Ausgleichsmöglichkeit eines Winkels von Bedeutung sein. So war die Ausgleichstendenz bei Rekurvationen auffällig günstig. Antekurvationen sollten dagegen weitgehend vermieden werden, denn ihre Korrektur erfolgte nur mangelhaft. Ähnliches gilt für Varus- und Valgusfehlstellungen, die sich auch nur teilweise normalisierten (vgl. Tab. 10).

- c. Auf Torsionsfehler nach Femurschaftfrakturen sollte sorgfältig geachtet werden. Eine exakte Korrektur dieser Fehlstellung ist während der Behandlung anzustreben, da ein späterer, spontaner Ausgleich nicht festzustellen war. Es muß allerdings offenbleiben, ob nicht doch eine teilweise Korrektur im Laufe der Zeit erfolgen kann, da sich diese Frage der eigenen Beurteilung entzog.
- d. Bei Femurschaftfrakturen muß häufig mit einem posttraumatisch gesteigerten Längenwachstum des verletzten Oberschenkelknochens gerechnet werden. Selten wurde keine Wachstumsbeschleunigung registriert. In Ausnahmefällen kam es auch zu einer Wachstumsverlangsamung.

Die Wachstumszunahme erscheint erheblich, wenn man die primär verbliebene Verkürzung mitrechnet, also die sogenannte relative Verlängerung bestimmt. Unter diesem Aspekt waren Längenzunahmen bis 2 cm, in Einzelfällen bis zu 3 cm, aufgetreten.

Bei primär erheblich verkürzt verheilten Frakturen dürfte mit einer stärkeren effektiven Wachstumszunahme gerechnet werden, während bei primär nur leicht verkürzt gebliebenen Brüchen oder bei aufeinanderstehenden Fragmenten die Sorge vor übermäßigen Verlängerungen, die dann zu merklich ungleichen Beinlängen führen, unberechtigt erscheint. Es muß allerdings hinzugefügt werden, daß sich dieser Eindruck aufgrund des zu kleinen Kollektivs statistisch nicht prüfen ließ (vgl. Tab. 17).

Die Tatsache, daß Femurlängendifferenzen nach kindlichen Oberschenkelchaftfrakturen häufig anzutreffen waren,

dürfte an Bedeutung verlieren, wenn man bedenkt, daß die absoluten Werte der Verlängerung bzw. Verkürzung in der Mehrzahl der Fälle die Grenze von 1 cm nicht überschritten (vgl. Tab. 15). Da etwa 8% der Menschen eine naturgegebene ungleiche Beinlänge von 1 cm (Nichols) bzw. sogar alle Menschen geringfügige Beinlängendifferenzen (Trotter und Gleser) besitzen sollen, braucht man Beinlängenunterschieden von etwa 1 cm, die nach Femurschaftfrakturen im Kindesalter zurückbleiben können, keine allzu große Bedeutung beimessen.

Die Art der Therapie - konservativ oder operativ - scheint für die Wachstumsbeschleunigung keine Rolle zu spielen. Dies konnte statistisch zwar nicht nachgewiesen werden, aber die Längenzunahmen, die nach operativer Therapie zu beobachten waren, lagen im Rahmen der Verlängerungen, die sich auch nach konservativer Therapie eingestellt hatten (vgl. Tab. 16).

Das Unfallalter der Kinder sowie Lokalisation oder Art der Fraktur üben keinen nachweislichen Einfluß auf das Längenwachstum aus (vgl. Tab. 19, Tab. 20 und Tab. 21).

Die Längenzunahme tritt wahrscheinlich während der ersten Monate nach der Fraktur auf, denn nach einem Zeitraum von 1 - 2 Jahren und nach einem längeren Zeitintervall (3 - 10 Jahre) war kein Unterschied hinsichtlich des Ausmaßes der Wachstumsbeschleunigung festzustellen (vgl. Tab. 18). Zur genauen Klärung dieses Problems wären allerdings genaue Längsschnittuntersuchungen erforderlich.

5. Angesichts der begrenzten Ausgleichsmöglichkeit des kindlichen Knochens bei Fehlstellungen sollte bei der Behandlung von Oberschenkelchaftfrakturen eine möglichst einwandfreie Fragmentreposition angestrebt werden. Dies Problem erhebt sich naturgemäß bei der konservativen Therapie. Hierbei war nur in seltenen Fällen eine anatomisch exakte Fragmentstellung erreicht worden.
 - a. Die Heftpflasterextension darf als bewährte Behandlungsmethode bei Kindern angesehen werden. Die vertikale Aufhängung (Schede-Lage) erscheint empfehlenswert bei jüngeren Patienten, denn sie führte bei Kindern bis zum 6. Lebensjahr vorwiegend zu einem

ausreichend guten Fragmentstand. Hautschäden infolge des Heftpflasterzuges waren selten. Sie dürften, ebenso wie die gefährliche Ischämie des Beines bei einwandfreier Technik und guter klinischer Kontrolle zu vermeiden sein. Die horizontale Heftpflasterextension führte im allgemeinen auch zu einem guten Ergebnis. Stärkere Achsenknicke und Verkürzungen lassen sich allerdings mitunter nicht ausreichend reponieren. Stärkere Dislokationen sind dagegen gut mit der Drahtextension zu beeinflussen. Die Drahtextension eignet sich auch besonders gut zur Behandlung offener Brüche, da hier die Wunden, bei Ruhigstellung der Fraktur, gut erreichbar bleiben. Da der Zug direkt am Knochen ansetzt, der bei jüngeren Kindern aber noch verhältnismäßig weich ist, sollte die Drahtextension nur bei älteren Kindern verwendet werden. Komplikationen, wie Bohrlochinfektionen oder Durchschneiden des Drahtes in die Epiphysenfugen, können, wie sich zeigen ließ, durch eine exakte und saubere Technik weitgehend vermieden werden. Verbliebene Drehfehler bei der Heftpflaster- wie bei der Drahtextension weisen auf die Schwierigkeit einer richtigen Torsionseinstellung des Femurs bei der konservativen Behandlung hin. Die Methode von Weber versucht hier Abhilfe zu schaffen.

- b. Die Gipsfixation kann zur Therapie nicht dislozierter Femurschaftsfrakturen mit Erfolg verwendet werden. Bei dislozierten Brüchen kam es dagegen stets, trotz zunächst gutem Repositionsergebnis, zum Wiederabrutschen der Fragmente. Dieser ungenügenden dauerhaften Fixation wegen sollte die Gipsfixation bei dislozierten Femurschaftfrakturen mit Zurückhaltung primär angewendet werden.
- c. Die Cerclage muß als Behandlungsmethode abgelehnt werden. Sie erwies sich mehrfach als instabil (erneute Achsenknicke, Bruch der Metallschlingen). Auch andere Metallstifte, wie perkutane Kirschnerdrähte oder Rush-pins, müssen als ungenügend für eine erfolgreiche dauerhafte Fragmentfixation bei Femurschaftfrakturen angesehen werden (vgl. Fallbeschreibungen auf S. 24 und S. 25).
- d. Die Marknagelung führt dagegen regelmäßig zu einem dauerhaften exakten Fragmentstand. Gleiches gilt nach Berichten anderer

Autoren für die Druckplattenosteosynthese. Die operative Therapie kann auch bei Kindern angewandt werden, insbesondere bei Frakturen mit konservativ schwer oder nicht zu beeinflussenden Dislokationen, denn sie brachte tadellose Heilungs- und Spätergebnisse.

Eine besondere Infektionsgefährdung der Kinder ließ sich nicht feststellen, ebensowenig waren Komplikationen, wie postoperative Fettembolie oder Epiphysenschädigungen, zu beobachten. Auch ein außergewöhnlich stark vermehrtes, posttraumatisch gesteigertes Längenwachstum des frakturierten Femurs ließ sich mit der Marknagelung nicht in Verbindung bringen (s.o.: Abschnitt 2.d.).

Die Vorteile der Osteosynthese auch bei Kindern dürften nicht zu übersehen sein. Ihre Indikation ließe sich etwa wie folgt präzisieren:

Bei Frakturen mit ungenügendem Repositionsergebnis und den daraus resultierenden Gefahren durch bruske Repositionsmanöver sollte man mit der Operation nicht zögern.

Operativ versorgte Frakturen sind früh belastungsstabil. Bei konservativer Behandlung ist ein längeres Krankenlager notwendig (Differenz bis zu 4 Wochen). Die untere Altersgrenze für die operative Therapie dürfte jenseits des Kleinkindesalters beginnen.

H. ZUSAMMENFASSUNG

Es wurde berichtet über 113 Kinder im Alter von einigen Monaten bis zu 14 Jahren mit Oberschenkelchaftfrakturen, die in der Chirurgischen Universitätsklinik, Mainz, zwischen 1958 - 1967 behandelt worden waren.

Die Prüfung, ob die Untersuchungsergebnisse mehr als zufällige Unterschiede aufweisen, erfolgte mit Hilfe des χ^2 -Tests.

Die Untersuchung der Altersverteilung zeigte, daß Kinder bis zum 6. Lebensjahr einschließlich wesentlich häufiger eine Femurschaftfraktur erlitten hatten, als ältere Kinder (vgl. Tab. 1). Knaben (81 Fälle) und Mädchen (32 Fälle) waren nicht unterschiedlich häufig betroffen. Ebenso ließ die Rechts - Links - Verteilung der Frakturen keinen Unterschied bezüglich der Unfallhäufigkeit erkennen (61 linksseitige und 49 rechtsseitige Frakturen). In weiteren 3 Fällen bestanden doppelseitige Femurschaftfrakturen. Als Hauptunfallursache wurde der Verkehrsunfall (52 Fälle) beobachtet, mit Abstand folgten häusliche (29 Fälle) und Spielunfälle (28 Fälle). Röntgenologisch handelte es sich fast ausschließlich um dislozierte Femurschaftfrakturen (106 Fälle). Als Bruchformen fanden sich Querfrakturen (53 Fälle), Torsionsbrüche (39 Fälle) und Schrägfrakturen (23 Fälle), außerdem 1 Kompressionsfraktur bei einem 9 Monate alten Säugling. Die Mehrzahl der Frakturen war im mittleren Schaftdrittel (82 Fälle), ein kleinerer Teil im oberen (20 Fälle) und die geringste Anzahl im unteren Schaftbereich (13 Fälle) lokalisiert.

Bei den meisten Brüchen waren konservative Behandlungsverfahren (103 Fälle) angewandt worden, größtenteils die Heftpflaster- oder die Bohrdrahtextension, manchmal auch eine einfache Gipsfixation. Einige Frakturen wurden operativ versorgt (13 Fälle). Als Osteosyntheseverfahren kamen u.a. die Marknagelung nach Küntscher und die Cerclage zur Anwendung.

93 Patienten konnten 1 - 10 Jahre nach dem Unfall klinisch und röntgenologisch nachuntersucht werden.

Die Mehrzahl der Nachuntersuchten fühlte sich subjektiv beschwerdefrei. Klinisch nachweisbare Funktionseinschränkungen waren selten, darüberhinaus geringfügig.

Die röntgenologische Beurteilung zeigte, daß sich primär verbliebene Fehlstellungen häufig ausgeglichen oder verbessert hatten.

Seitverschiebungen, in Sagittal- wie in Frontalebene, waren bis auf wenige Ausnahmen - es handelte sich hierbei stets um Frakturen älterer Kinder oder um solche mit kurzem Beobachtungsintervall - vollkommen ausgeglichen worden.

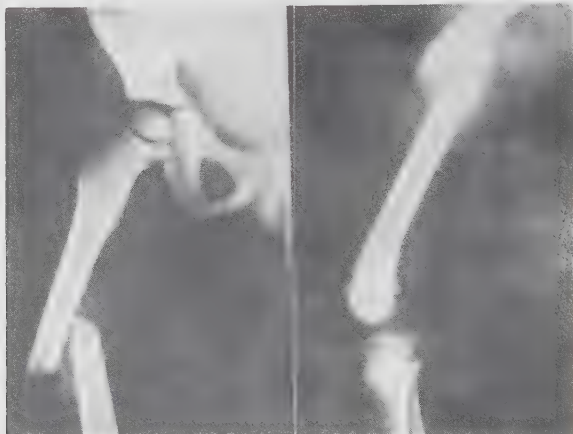
Für die Korrekturmöglichkeit bei Achsenknicken war das Ausmaß des verbliebenen Winkels von entscheidender Bedeutung: Abwinkelungen bis 10° waren häufiger ausgeglichen als stärkere Winkel. Auch der Zeitpunkt der Nachuntersuchung spielte eine wesentliche Rolle: Nach kurzem Beobachtungsintervall von 1 - 2 Jahren waren nur wenige Winkelfehlstellungen ganz ausgeglichen, nach längerem Beobachtungszeitraum waren unverändert bestehende Winkel selten. Ein Einfluß des Unfallalters der Kinder oder der Frakturlokalisation auf das Korrekturverhalten der Winkelfehlstellungen ließ sich nicht nachweisen. Rekurvationen zeigten eine gute Ausgleichstendenz, Antekurvationen dagegen eine schlechte. Varusfehlstellungen waren etwa zur Hälfte der Fälle ausgeglichen, Valgusfehlstellungen normalisierten sich zu einem geringen Teil.

Torsionsfehler, die ausschließlich nach konservativer Therapie beobachtet wurden, waren bei der Nachuntersuchung in keinem Fall korrigiert.

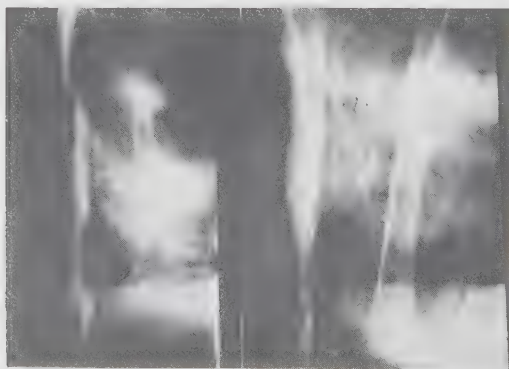
Die Längenvergleichsmessung beider Femora ergab bei 82% der Nachuntersuchten eine effektive Wachstumszunahme des Femurs auf der Frakturseite. Das posttraumatisch gesteigerte Längenwachstum bewegte sich im allgemeinen bis zu 2,0 cm, sowohl nach konservativer, als auch nach operativer Therapie. Unverkürzt verheilte Frakturen zeigten in der Mehrzahl der Fälle keine oder unerhebliche Wachstumssteigerung. Stark verkürzt verheilte Frakturen wiesen größtenteils ein ausgeprägtes Mehrwachstum auf. Frakturtyp, Frakturlokalisation, Unfallalter der Kinder sowie Zeitpunkt der Nachuntersuchung zeigten keinen Einfluß auf das spätere Mehrwachstum des frakturierten Femurs.

Die konservative Therapie (Heftpflaster- bzw. Drahtextension, mitunter auch die Gipsfixation) kann aufgrund der eigenen Untersuchungen bei kindlichen Oberschenkelchaftfrakturen angewandt werden, sofern ein ausreichend guter Fragmentstand zu erreichen und zu halten ist. Bei stärkeren Dislokationen, die auf konservative Weise nicht zu beheben sind, sollte man mit dem operativen Eingriff (z.B. Marknagelung) nicht zögern.

Die Prognose der Oberschenkelchaftfraktur im Kindesalter darf aufgrund der eigenen Untersuchungen als gut angesehen werden, sofern das Ausmaß der belassenen Fehlstellungen das Korrekturvermögen des kindlichen Knochens nicht überschreitet.

I. ANHANG (Röntgenbilder)Abb. 1 : R., G., 4 Jahre (Krb1.Nr.16037, vgl. S.24)

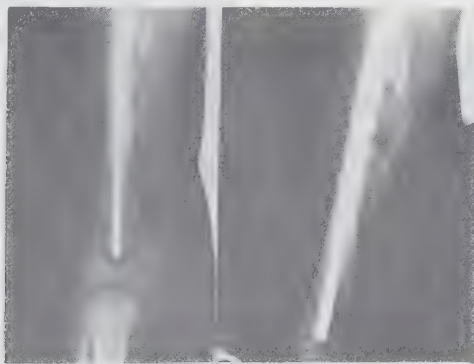
- a. 14 Tage alte dislozierte Oberschenkelquerfraktur rechts in Schaftmitte; Seitdislokation des distalen Fragmentes um mehr als Schaftbreite nach medial und dorsal, Verkürzung 3 cm, Varus 30° , Antekurvation 22° ; beginnende Brückenkallusbildung.



- b. Konservative Reposition und Kirschner-Drahtstift-Fixation; Beckengips; noch geringer Varus von 10° , im seitlichen Strahlengang achsengerecht.



- c. Stellungskontrolle nach 1 Woche in Gips: Erneute Dislokation des distalen Fragmentes: Seitverschiebung um $1/2$ Schaftbreite nach lateral und um Schaftbreite nach ventral, Varus 25° , Antekurvation 25° . Der eingeschlagene Drahtstift hat mit dem distalen Fragment keine Verbindung.



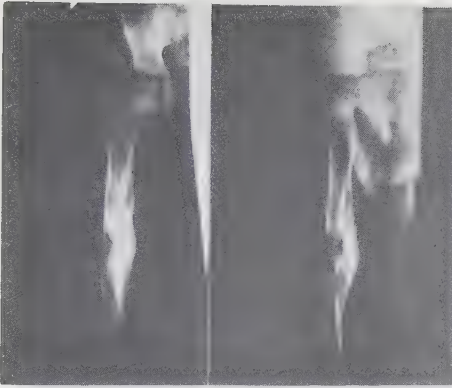
- d. 4 Tage später, wegen des schlechten Fragmentstandes: Marknagelung nach Küntscher. Die Spitze des Nagels reicht bis zur distalen Epiphysenfuge. Starke Kallusbildung. In beiden Ebenen achsengerechter Stand.



- e. Röntgenkontrolle 2 1/2 Monate nach der Marknagelung: Fraktur in achsengerechter Stellung verheilt; erhebliche spindelförmige Kallusbildung; Nagelwanderung im Vergleich zur Voraufnahme um ca. 3,5 cm nach proximal, das stumpfe Ende des Nagels reicht kranial des Femurs weit in die Weichteile hinein (3 Monate post operationem Nagelextraktion).



- f. 3 Wochen nach Nagelextraktion: Refraktur im alten Verletzungsgebiet (ursächliches Trauma: Sturz zu ebener Erde). Keine Dislokation. Therapie: Beckenbeingips für 12 Wochen.

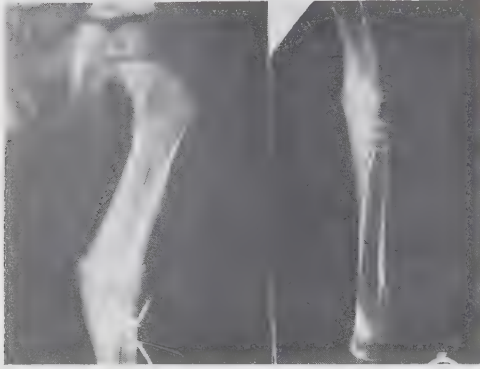


g. Röntgenkontrolle 2 1/2 Monate nach Refraktur: achsengerechter Fragmentstand. In dieser Stellung verheilt.

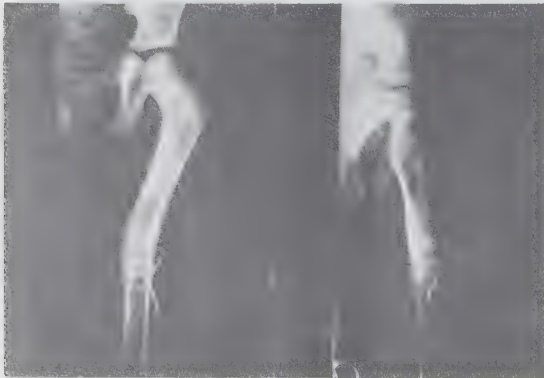


h. Nachuntersuchung 8 Jahre später: rechtes Femur achsengerecht, aber verlängert gegenüber links um 1,9 cm.

Abb. 2 : S., R., 5 Jahre (KrbI.Nr.8795, vgl. S.24)



- a. Zustand nach Oberschenkelquerfraktur links (in auswärtigem Hospital: Cerclage) und anschließender Refraktur (in auswärtigem Hospital: Heftpflasterextension), dann Überweisung in die Mainzer Klinik: Seitdislokation des distalen Fragmentes um $1/2$ Schaftbreite nach lateral, medial durch eine starke Kallusbrücke überbrückt, Valgus 18° . Proximaler Draht der noch liegenden 3-fachen Cerclage gebrochen. Therapie: Gipsfixation.

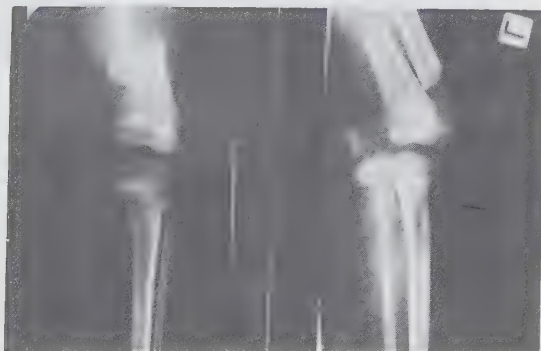


- b. Fraktur mit Valgus von 10° verheilt.

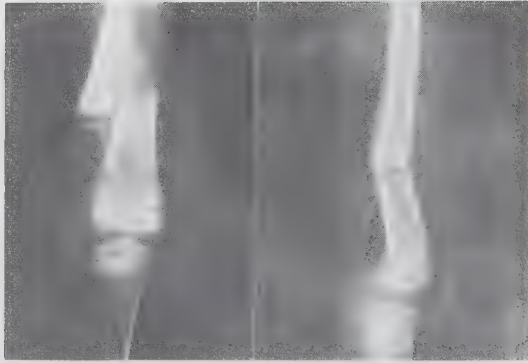


c. Nachuntersuchung 10 Jahre später: Valgus bis auf 5° ausgeglichen, gleiche Femurlänge beiderseits.

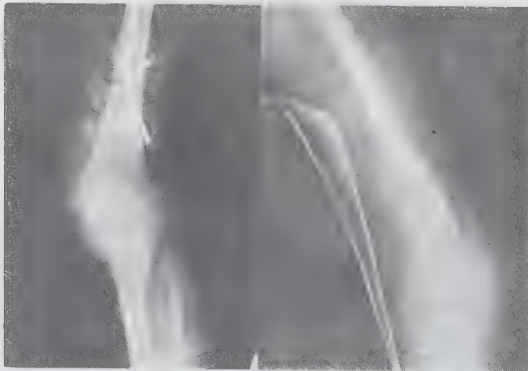
Abb. 3 : H.,D., 4 Jahre (Krb1.Nr.10361, vgl. S.25)



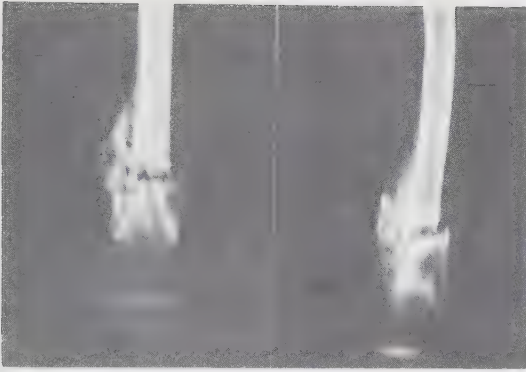
a. Querfraktur des linken Femurs im distalen Schaftdrittel mit Dislokation des distalen Fragmentes um Schaftbreite nach lateral und dorsal, Verkürzung 4 cm. Therapie: Heftpflasterextension.



- b. Röntgenkontrolle nach 3 Wochen: Verkürzung des Femurs um noch 1,5 cm und Seitdislokation des distalen Bruchstückes um mehr als Schaftbreite nach lateral, aufgetretener Achsenknick: Rekurvation von 15°.



- c. 3 Tage später, wegen des schlechten Fragmentstandes, operative Fixation der Fraktur mit 2 Zimmermannsnägeln und 1 Rushpin: achsengerechter Fragmentstand. In der Folgezeit beginnende Osteomyelitis.



- d. Röntgenkontrolle 7 Wochen post operationem: geringe Varus- und Antekurvationsstellung; starke Kallusbildung; Sequesterbildung am medialen - dorsalen Ende des proximalen Fragmentes. Sequestrotomie 5 Monate nach Entlassung in auswärtigem Hospital.



- e. Nachuntersuchung 9 Jahre später: geringe Femurverlängerung links gegenüber rechts (0,5 cm), außerdem geringe Femurverbiegung im oberen und unteren Schaftbereich. Osteomyelitis ausgeheilt.

J. LITERATURVERZEICHNIS

1. Aitken, A.P.:
Overgrowth of the femoral shaft following fracture in children. *Amer.J.Surg.* 49 (1940) 147 - 148
2. Barford, B. und Christensen, J.:
Fractures of the femoral shaft in children with special reference to subsequent overgrowth. *Acta chir.scand.* 116 (1958/59) 235 - 250
3. Blomqvist, E. und Rudström, P.:
Über Femurfrakturen bei Kindern unter besonderer Berücksichtigung des gesteigerten Längenwachstums. *Acta chir.scand.* 88 (1943) 267 - 288
4. Blount, W.P.:
Knochenbrüche bei Kindern. Stuttgart 1957
5. Böhler, L.:
Die Technik der Knochenbruchbehandlung. Bd.1.2,1, 12.-13. Aufl. Wien 1951 - 1954
6. Buck-Gramcko, H.:
Behandlung und Behandlungsergebnisse von Oberschenkelchaftfrakturen. *Arch.orthop.Unfall-Chir.* 50 (1958) 166 - 181
7. Büttner, A.:
Zur Knochenbruchbehandlung im Kindesalter. *Hefte Unfallheilk.* 52 (1956) 64 - 71
8. Chigot, P.L.:
Croissance et traumatisme (Généralité).
In: Septième Congrès de la Société Internationale de Chirurgie Orthopédique et de Traumatologie. Barcelone, 16 - 21 septembre 1957; hrsg. v. H. Bailleux, Bruxelles 1958, 356 - 377
9. Chigot, P.L. und Estève, P.:
Traumatologie infantile. Paris 1957
10. Conwell, H.E.:
Acute fractures of the shaft of the femur in children. *J.Bone Jt Surg.* 11 (1929) 593 - 647
11. Daum, R., Metzger, E., Kürschner, J., Hecker, W.C.:
Analyse und Spätergebnisse kindlicher Femurschaftfrakturen. *Arch.orthop.Unfall-Chir.* 66 (1969) 18 - 29
12. Drömer, H. und Penndorf, K.:
Der Oberschenkelbruch im Kindesalter. *Chirurg* 38 (1967) 284 - 290

13. Ehalt, W.:
Verletzungen bei Kindern und Jugendlichen. Stuttgart 1961
14. Ferguson, A.B.:
Treatment of common childhood fractures. Amer.J.Surg.
101 (1961) 684 - 687
15. Flach, A., Geisbe, H., Fendel, H.:
Wachstumsveränderungen nach Frakturen der Extremitäten
im Kindesalter. Z.Kinderchir. 4 (1967) 58 - 71
16. Flach, A. und Kudlich, H.:
Das Längenwachstum des Röhrenknochens nach Schaftfrakturen
an der unteren Extremität bei Kindern und Jugendlichen.
Zbl.Chir. 87 (1962) 2145 - 2154
17. Goff, C.W.:
Surgical treatment of unequal extremities. Springfield, Ill.,
1960
18. Greville, N.R. und Ivins, J.C.:
Fractures of the femur in children. Amer.J.Surg. 93 (1957)
376 - 384
19. Grob, M.:
Lehrbuch der Kinderchirurgie. Stuttgart 1957
20. Groote, C. de:
Les fractures de la diaphyse fémorale chez l'enfant.
Concours méd. 83 (1961) 3827 - 3841
21. Haak, K.:
Zur Behandlung der Oberschenkelchaftfrakturen im Kindes-
alter. Langenbeck's Arch.klin.Chir. 296 (1960/61) 448 - 455
22. Hedberg, E.:
Femoral fractures in children. Acta chir.scand. 90 (1945)
568 - 588
23. Hildebrandt, G.:
Spätergebnisse konservativ behandelter Oberschenkelfrakturen
bei Kindern. Dtsch.Gesundh.-Wes. 20 (1965) 1528 - 1530
24. Jonasch, E.:
Die geschlossenen Brüche des Oberschenkelchaftes bei Kindern.
Chir.Praxis 4 (1959) 421 - 426
25. Junge, H.:
Spätfunde bei Marknagelung am wachsenden Knochen.
Hefte Unfallheilk. 40 (1951) 51 - 59

26. Keel, H.G.:
Die Spätresultate der frühkindlichen Oberschenkel-Schaftfrakturen an der Chirurgischen Klinik St. Gallen 1928 - 1950.
Med. Diss. Zürich 1954
27. Krebs, H. und Streicher, H.J.:
Frakturen bei Neugeborenen und Kindern. Arch.orthop.Unfall-Chir. 52 (1960) 413 - 437
28. Küntscher, G.:
Die Marknagelung für die Behandlung der frischen Frakturen.
Wiederherstellungschir. u. Traum. 1 (1953) 18 - 35
29. Küntscher, G.:
Praxis der Marknagelung. Stuttgart 1962
30. Lambrecht, R.:
Zur Behandlung der Frakturen am kindlichen Oberschenkel.
Chirurg 25 (1954) 536 - 539
31. Lange, M.:
Lehrbuch der Orthopädie und Traumatologie. Bd.3, Stuttgart 1967
32. Lapshina, N.P. und Sosowski, N.N.:
Die intramedulläre Metallosteosynthese bei kindlichen Frakturen
(Original in russischer Sprache). Vestn.Khir. 84 (1960) 72 - 74
33. Lentz, W.:
Brüche und Verrenkungen der unteren Extremität. In: Knochenbrüche und Verrenkungen, hrsg. v. R. Wanke, R. Maatz u.a., 2.Aufl., München - Berlin - Wien 1967, 276 - 363
34. Lessard, J.M. und Pagé, R.:
Fracture du fémur chez l'enfant; fixation intramédullaire.
Laval méd. 27 (1959) 147 - 156
35. Levander, G.:
Über die Behandlung von Brüchen des Oberschenkelchaftes.
Acta chir.scand. Suppl. 12 (1929) 1 - 237
36. Liszauer, D. und Gara, G.:
Behandlung der Oberschenkelbrüche von Kindern mit besonderer Berücksichtigung der Marknagelung. Z.Orthop. 87 (1956) 234 - 240
37. Maatz, R.:
835 Marknagelungen. Hefte Unfallheilk. 40 (1951) 1 - 23
38. Maatz, R.:
Allgemeine Lehre von den Knochenbrüchen und Verrenkungen.
In: Knochenbrüche und Verrenkungen, hrsg. v. R. Wanke, R. Maatz u.a., 2. Aufl. München - Berlin - Wien 1967, 1 - 77

39. Matti, H.:
Die Knochenbrüche und ihre Behandlung. 2. Aufl. Berlin 1931
40. Matzner, R.:
Chirurgische Erkrankungen im Bereich des Bewegungsapparates.
In: Lehrbuch der Chirurgie und Orthopädie des Kindesalters,
hrsg. v. A. Oberniedermayr, Bd.2,2 Berlin - Göttingen -
Heidelberg (1959) 717 - 844
41. Müller, M.E.:
Zur Röntgendiagnostik der mechanischen Hüftgelenksverhältnisse. Radiol.clin.(Basel) 26 (1957) 344 - 354
42. Müller, M.E., Allgöwer, M., Willenegger, H.:
Technik der operativen Frakturenbehandlung. Berlin -
Göttingen - Heidelberg 1963
43. Müller, M.E., Allgöwer, M., Willenegger, H.:
Manual der Osteosynthese. Berlin - Heidelberg - New York
1969
44. Muller, J.N., Fontaine, J.L., Fontaine, R.:
Les fractures diaphysaires du fémur chez l'enfant. Ann.Chir.
19 (1965) 367 - 376
45. Neer, C.S. und Cadman, E.F.:
Treatment of fractures of the femoral shaft in children.
J.Amer.med. Ass. 163 (1957) 634 - 637
46. Nichols, P.J.R.:
Short-leg syndrome. Brit.med.J. 1960, 1863 - 1865
47. Odell, R.T. und Leydig, S.M.:
The conservative treatment of fractures in children.
Surg.Gynec.Obstet. 92 (1951) 69 - 74
48. Ollier, L.:
Traité expérimental et clinique de la régénération des os
et de la production artificielle du tissu osseux. Bd.1.2.
Paris 1867
49. Pauwels, F.:
Des principes biomécaniques de la guérison des fractures.
Scalpel (Brux.) 111 (1958) 1105 - 1117, 1137 - 1142
50. Pease, C.N.:
Fractures of the femur in children. Surg. Clin. N. Amer.
37 (1957) 213 - 221
51. Reding, R.:
Zur Behandlung kindlicher Oberschenkelfrakturen.
Dtsch. Gesundh.-Wes. 21 (1966) 87 - 90

52. Rehbein, F. und Hofmann, S.:
Knochenverletzungen im Kindesalter. Langenbeck's Arch.
klin.Chir. 304 (1963) 539 - 562
53. Rettig, H.:
Frakturen im Kindesalter. München 1957
54. Richard, A.:
Die vertikale Extensionsbehandlung der Femurschaftbrüche
bei Kindern. Med.Welt N.F.20 (1969) 673
55. Sachs, L.:
Statistische Auswertungsmethoden. Berlin - Heidelberg -
New-York 1968
56. Senff, A.:
Die Gefahren der Fettembolie bei der Marknagelung nach
Küntscher. Zbl.Chir. 75 (1950) 339 - 347
57. Singer, H. und Kraft, W.:
Das übermäßige Wachstum der langen Röhrenknochen im Kindes-
alter. Münch.med.Wschr. 103 (1961) 1421 - 1424
58. Szentpétery, J. und Papp, L.:
Die Behandlung der Oberschenkelchaftbrüche im Kindesalter.
Arch.orthop.Unfall-Chir. 61 (1967) 19 - 25
59. Schenk, K.H.:
Der Femurschaftbruch beim Kind (Spätergebnisse). Langenbeck's
Arch.klin.Chir. 286 (1957) 144 - 154
60. Schüttemeyer, W. und Flach, A.:
Die Behandlung kindlicher Frakturen der unteren Extremität
und ihre Heilungsergebnisse. Mschr.Unfallheilk. 53 (1950)
4 - 13
61. Schweiberer, L., Hofmeier, G., Faust, W.:
Oberschenkelchaftbrüche im Kindesalter. Z.Kinderchir.
2 (1968) 435 - 450
62. Schwemmle, K.:
Zur Behandlung der Femurschaftfrakturen im Kindesalter.
Zbl.Chir. 94 (1969) 1226 - 1230
63. Taillard, W.:
Die röntgenologischen Methoden zur Messung der langen
Röhrenknochen. Z.Orthop. 88 (1957) 151 - 158
64. Teutsch, W.:
Nechuntersuchungsergebnisse kindlicher Femurschaftfrakturen.
Zbl.Chir. 94 (1969) 1761 - 1770

65. Titze, A.:
Epiphysenwachstumsstörungen durch Extensionsdrähte und -Nägel.
Arch.orthop.Unfall-Chir. 49 (1957) 392 - 396
66. Trognon, B., Massy, E., Bouchez, Y.:
Les fractures de la diaphyse fémorale chez l'enfant.
Ann.Chir. 24 (1970) 895 - 901
67. Trotter, M. und Gleser, G.C.:
Estimation of stature from long bones of american whites and
negroes. Am.J.Phys.Anthropol. 10 (1952) 463 - 514
68. Trueta, J.:
The stimulation of the growth of bone by the redistribution
of the intraosseus circulation. In: Cinquième Congrès de la
Société Internationale de Chirurgie Orthopédique et de
Traumatologie. Stockholm, 21 - 25 mai 1951; hrsg. v.
J. Delchef, Bruxelles 1953, 611 - 621
69. Vontobel, V., Genton, N., Schmid, R.:
Die Spätergebnisse der kindlichen dislozierten Femurschaft-
fraktur. Helvet.chir.Acta, 28 (1961) 655 - 670
70. Watson-Jones, R.:
Fractures and joint injuries. Bd.1.2., 4.Aufl.,
Edinburgh - London 1955 - 1960
71. Weber, B.G.:
Zur Behandlung kindlicher Femurschaftbrüche. Arch.orthop.
Unfall-Chir. 54 (1963) 713 - 723
72. Weigert, M. und Viernstein, K.:
Die Außendrehfehlstellung nach Oberschenkelmarknagelung.
Z.Orthop. 104 (1968) 567 - 570

Mein Dank gilt Herrn Professor Dr. med. Hofmann für die freundliche Überlassung des Themas, Herrn Professor Dr. med. Kümmerle für die Übernahme des Korreferates und Frau Dr. rer.nat. Ehrenberg-Kieckebusch vom Institut für Medizinische Statistik und Dokumentation für die Beratung bei der statistischen Auswertung und Darstellung der Ergebnisse.

K. LEBENS LAUF

Am 18. August 1940 wurde ich in Köln geboren. Ich besuchte von 1947 - 1951 die Volksschule (in Köln), von 1951 - 1953 die Realschule (in Köln) und von 1953 - 1960 den neusprachlichen Zweig der Kaiserin-Augusta-Schule in Köln. Dort legte ich am 3. März 1960 die Reifeprüfung ab. Anschließend begann ich das Studium der Physik und Mathematik an der Universität zu Köln, wechselte dann an vorgenannter Hochschule über zum Studium der Humanmedizin. Dort legte ich am 30. April 1963 die Naturwissenschaftliche Vorprüfung und am 24. März 1966 die Ärztliche Vorprüfung ab. Während der ersten beiden klinischen Semester studierte ich an den Universitäten zu Saarbrücken und Wien, dann führte ich das Studium an der Johannes Gutenberg Universität in Mainz fort. Dort bestand ich am 14. Juli 1970 die Ärztliche Prüfung. Vom 1. Dezember 1970 bis zum 31. März 1971 war ich als Medizinalassistentin in der II. Medizinischen Universitäts-Klinik, Mainz, tätig, ferner in gleicher Eigenschaft vom 1. Dezember 1971 bis zum 31. März 1972 in der Chirurgischen Universitäts-Klinik, Mainz. Zwischenzeitlich arbeitete ich an der Dissertation. Am 1. Mai 1972 begann ich als Medizinalassistentin in der Hals-Nasen-Ohren-Klinik der Universität Mainz.

